

# Ladrillo de Cartón

Una alternativa de mampostería





**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CUENCA**  
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO**

**LADRILLO DE CARTÓN -  
UNA ALTERNATIVA DE MAMPOSTERÍA**

**DIRECTOR: ARQ. JOSÉ FRANCISCO PESÁNTEZ PESÁNTEZ**

**CO-DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. JOSÉ LUIS SOLANO**

**AUTOR: JUAN SEBASTIÁN CALLE ROJAS**

**CUENCA – ECUADOR  
2018**

## 1 DECLARACIÓN

---

YO, Juan Sebastián Calle Rojas, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que incluyen en este documento.



-----  
Juan Sebastián Calle Rojas  
030244391-6

## 2 CERTIFICACIÓN

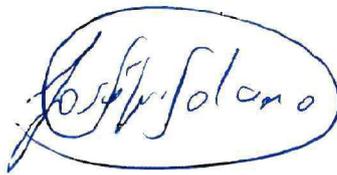
---

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Sebastián Calle Rojas, bajo mi supervisión.



-----

Arq. José Francisco Pesántez Pesántez  
010425935-3  
Director del proyecto



-----

Ing. José Luis Solano  
010310193-7  
Co-director del proyecto

### 3 DEDICATORIA

---

El mirar crecer a un niño, moldearlo en joven y dejarlo volar de adulto es la línea básica del ser humano, en el transcurso de mi vida estudiantil, mi familia, me miro, modelo y dejo volar, nunca me abandonó, este trabajo de titulación va dedicado a cada integrante de mi familia. A ustedes que siempre extendieron su mano y rezaron para que salga adelante.

A mi Dios que siempre me bendijo, darle las gracias por todo.

A la mujer de mi vida, por la que me decidí a seguir esta carrera, la que con su cariño me da un aliento de vida, la que me aconseja, la que me enseña, por la que voy a continuar, por la que siempre luchare, a ti mi vida, mi ser, Cati para ti este último trabajo y que esto marque el cambio en nuestra vida juntos. A mi chiquito bello que está en camino para que algún día leas estas palabras y sepas que por ti doy mi vida entera, eres mi ilusión bebé.

A mis padres; Silvia y Eloy que me apoyaron, aconsejaron y sobre todo me perdonaron todos los errores que tuve en el transcurso de esta vida estudiantil, por ser mis cimientos y soportes en épocas de vientos, a ustedes este trabajo.

A mis hermanos; Paolo, Jorge e Issai, que siempre me dieron ánimos, fuerzas, palabras de aliento y sobre todo, la mano para avanzar en este camino.

A mis sobrinas; Danna y Dayra, el motivo para seguir adelante.

A mi abuelita querida, mi lucero, esperanza por quien nunca bajé los brazos, la que con sus oraciones me daba aliento y fuerzas a ti mi Mamilu a ti y por ti este trabajo.

A mi abuelito Eloy que desde el cielo me guía y me cuida a ti mi viejito, a mis abuelitos; Marco, e Inés, a todos mis tíos; Albalina, Marco, Adrián, Lauro, Diana, Geovanny, Oswaldo, Jaime, Dalia, Silvia, Marcia y Gina.

A la familia que me adoptó, a los que nos une un cariño enorme más que la sangre, a ustedes que en el tiempo que han compartido conmigo supieron alentarme y apoyarme; Diana, Manuelito, Marcita, Pachy, Cris y Juan.

### 4 AGRADECIMIENTOS

---

Primeramente quiero agradecer a Dios por brindarme las fuerzas para continuar luego de tantas adversidades.

Al amor de mi vida por nunca dejarme, acompañarme en este trayecto y siempre darme ánimos.

A mi familia por su apoyo constante, paciencia y amor.

Al arquitecto José Pesántez por guiar de la mejor manera este trabajo, por ser un amigo a lo largo de este tiempo, sin sus conocimientos sin duda no se hubiera realizado esta investigación.

Al Ingeniero José Luis Solano por trabajar a la par en esta investigación, por aportar significativamente en este trabajo y ser un amigo.

A la Universidad Católica de Cuenca mi madre del conocimiento.

## 5 ÍNDICE

---

1	DECLARACIÓN .....	1
2	CERTIFICACIÓN .....	1
3	DEDICATORIA .....	2
4	AGRADECIMIENTOS .....	2
5	ÍNDICE .....	3
6	INTRODUCCIÓN .....	8
7	PROBLEMÁTICA .....	8
8	DEFINICIÓN DE ALCANCES Y LIMITACIONES .....	9
9	JUSTIFICACIÓN .....	9
10	OBJETIVOS .....	10
11	METODOLOGÍA .....	10
12	CAPITULO 1: HISTORIA DEL CARTÓN.....	11
	12.1 Obtención de la materia prima del Cartón - Papel.....	13
	12.2 Fabricación del cartón corrugado .....	13
	12.3 Características técnicas del cartón corrugado .....	15
	12.4 Reciclaje del cartón, usos y aplicaciones arquitectónicas .....	16
13	CAPÍTULO 2: FABRICACIÓN DE LADRILLOS DE CARTÓN.....	20
	13.1 Primera etapa de experimentación.....	20
	13.2 Segunda etapa de experimentación: Categorización de los prototipos de ladrillos de cartón.....	27
	13.3 Tercera etapa de experimentación – Ensayos de compresión.....	29
14	CAPÍTULO 3: PRUEBAS DE LABORATORIO MEDIANTE EL CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO CPE INEN 5, PARTE 4: 1984, SOBRE LA MAMPOSTERÍA DE LADRILLO.....	33
	14.1 Normativa Ecuatoriana para la fabricación del ladrillo.....	33
	14.2 Pruebas de laboratorio. CPE INEN 5, parte 4: 1984.....	33
15	RECOMENDACIONES .....	38
16	CONCLUSIONES.....	45
17	Anexo 1 – Criterios para el secado al ambiente del ladrillo.....	46
18	Anexo 2 – Cálculo de los materiales para cada prototipo del experimento.....	47
19	Anexo 3 – Normativa aplicada.....	73
20	BIBLIOGRAFÍA.....	80

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1	Reina Isabel	11
Ilustración 2	Plancha goffer para cuellos y puños	11
Ilustración 3	Láminas de cartón simple y doble corrugado	13
Ilustración 4	Molino del papel y de pulpa - máquina de fourdrinier	13
Ilustración 5	Máquina de Fourdrinier	13
Ilustración 6	Liner de papel de cartón	13
Ilustración 7	Fabricación del cartón	14
Ilustración 8	Casa de cartón - Kobe / Turquía	16
Ilustración 9	Casa de cartón - Kobe / Turquía	16
Ilustración 10	Casa de cartón - Kobe / Turquía	16
Ilustración 11	Paper Long House	17
Ilustración 12	Interior de Paper Long House	17
Ilustración 13	Iglesia de papel temporal, Nagata, Kobe, Japón	17
Ilustración 14	Iglesia de papel temporal, Nagata, Kobe, Japón	17
Ilustración 15	Estructura de la Catedral de Cartón de Christchurch	18
Ilustración 16	Tubos con polietileno	18
Ilustración 17	Reforzamiento de los tubos de cartón de la Catedral de Cartón de Christchurch	18
Ilustración 18	Anclaje de los tubos de cartón	18
Ilustración 19	Mobiliario de cartón	18
Ilustración 20	Mobiliario de cartón	18
Ilustración 21	Cartón en el relleno sanitario de Chabay	20
Ilustración 22	Cartón en el relleno sanitario de Chabay	20
Ilustración 23	Posición de las capas de cartón en el ladrillo	22
Ilustración 24	Posición de las capas de cartón en el ladrillo	22
Ilustración 25	Fabricación del ladrillo de cartón – acabado final	23
Ilustración 26	Proceso de compactación del ladrillo de cartón	24
Ilustración 27	Cristalización del ladrillo de cartón - 15 días	25
Ilustración 28	Compactación de los prototipos de cartón - cofres	26
Ilustración 29	Compactación de los prototipos de cartón	26
Ilustración 30	Compactación de los prototipos de cartón - acabado	26
Ilustración 31	Bloques de cartón triturado y plástico desechados de la fábrica Cartopel	27
Ilustración 32	Secado de los prototipos de cubo de cartón	27
Ilustración 33	Prototipos negativos	29
Ilustración 34	Prototipos de cubo de cartón – Ensayos de compresión	30
Ilustración 35	Procesos de fabricación del ladrillo de cartón	31
Ilustración 36	Fabricación del ladrillo de cartón	31
Ilustración 37	Ladrillos de cartón	33
Ilustración 38	Ladrillos de cartón + revestimiento de empore y poliacetato de vinilo	34
Ilustración 39	Preparación de los ladrillos de cartón para la norma INEN 294 – Determinación de la resistencia a la compresión	34
Ilustración 40	Pruebas de laboratorio – Norma INEN 295:1977, Determinación de la resistencia a la flexión	35
Ilustración 41	Resultados de la prueba de flexión / Norma INEN 295	36
Ilustración 42	Etapas de impermeabilización al ladrillo de cartón	39
Ilustración 43	Panel de cartón	40
Ilustración 44	Eco-Blac Bricks	46

## Índice de Tablas

Tablas 1	Tipos y características de los papeles usados en la fabricación del cartón	13
Tablas 2	Tipos y características técnicas de cartón ondulado	15
Tablas 3	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aglomerante).	23
Tablas 4	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes	25
Tablas 5	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)	26
Tablas 6	Dosificaciones de los 3 modelos de ladrillos de cartón	28
Tablas 7	Resultados preliminares de los ensayos del ladrillo de cartón	29
Tablas 8	Ladrillo de cartón - Código CPE INEN 5, parte 4: 1984 – Mampostería de ladrillo	32
Tablas 9	Resultados de la prueba de compresión / Norma INEN 294	35
Tablas 10	Resultados de la prueba de flexión / Norma INEN 295	36
Tablas 11	Resultados de la prueba de absorción a la humedad / Norma INEN 296	37
Tablas 12	Cuadro comparativo de resultado de las pruebas de laboratorio	37
Tablas 13	Matriz de importancia del ámbito	42
Tablas 14	Valoración de ámbito ambiental	43
Tablas 15	Valoración de ámbito técnico	43
Tablas 16	Valoración de social	44
Tablas 17	Valoración de ámbito económico	44
Tablas 18	Componente - Técnico	45
Tablas 19	Componente - Económico	45
Tablas 20	Componente - Ambiental	45
Tablas 21	Componente - Social	45
Tablas 22	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 1	50
Tablas 23	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 2	51
Tablas 24	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 3	52
Tablas 25	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 4	53
Tablas 26	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 5	54
Tablas 27	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 6	55
Tablas 28	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 7	56
Tablas 29	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 8	57
Tablas 30	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 9	58
Tablas 31	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 10	59
Tablas 32	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 11	60
Tablas 33	Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos) - prototipo 12	61
Tablas 34	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 13	62
Tablas 35	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 14	62
Tablas 36	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 15	63
Tablas 37	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 16	63
Tablas 38	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 17	64
Tablas 39	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 18	64
Tablas 40	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 19	65
Tablas 41	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 20	65

Tablas 42	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 21	66
Tablas 43	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 22	66
Tablas 44	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 23	67
Tablas 45	Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes - prototipo 24	67
Tablas 46	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 25	68
Tablas 47	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 26	68
Tablas 48	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 27	69
Tablas 49	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 28	69
Tablas 50	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 29	70
Tablas 51	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 30	70
Tablas 52	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 31	71
Tablas 53	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 32	71
Tablas 54	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 33	72
Tablas 55	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 34	72
Tablas 56	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 35	73
Tablas 57	Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes) - prototipo 36	73
Tablas 58	Selección de ladrillos para construcción	74
Tablas 59	Dimensiones de ladrillos cerámicos	75
Tablas 60	Características fundamentales de ladrillos cerámicos.	76
Tablas 61	Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.	77
Tablas 62	Criterios de aceptación y rechazo de los lotes de inspección	78

## **RESUMEN.**

Se determinó como fuente de estudio elementos importantes de la ciudad de Azogues – Provincia del Cañar; el ladrillo de arcilla cocida, que se emplea un 81% y el cartón que es el desecho sólido industrial predominante del relleno sanitario de Chabay, en el trabajo expuesto a continuación se detallan cifras de contaminación ambiental que se producen en el cantón y la falta de reutilización de materiales que presenta la zona de estudio; por lo cual se toman en consideración estas dos premisas para la fabricación del modelo “Ladrillo de Cartón”, que se presenta como una alternativa constructiva de mampostería.

Datos a nivel mundial indican que la fabricación del ladrillo de arcilla cocida es un contaminante para el medioambiente. Para la adherencia del cartón se trabaja con aglomerantes como; la pasta de harina cocida, poliacetato de vinilo, cemento y arcilla. Se realizan prototipos considerando la normativa comparativa que reside en el código de práctica ecuatoriano CPE INEN 5, parte 4: 1984, sobre mampostería de ladrillo de arcilla cocida, enfatizando la inexistencia específica de una normativa que rija la fabricación o las pruebas de resistencias mecánicas en este material.

La investigación tiene como objetivo la generación de una alternativa constructiva que permita la reutilización y el aprovechamiento de materiales reciclables, para la implementación de ladrillos de cartón con aplicación en la mampostería interna de la edificación.

### **PALABRAS CLAVE:**

LADRILLO, CARTÓN, ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN, IMPACTO AMBIENTAL

## **ABSTRACT**

It was determined as a source of studying important elements of the city of Azogues - Province of Cañar; the handmade brick, which is used 81% and the cardboard that is the predominant industrial solid waste of the Chabay sanitary landfill, in the work described below are detailed figures of environmental pollution that occur in the canton and the lack of reuse of materials presented by the study area; which is why these two premises are taken into consideration for the manufacture of a "Brick Cardboard" model, which is presented as a constructive alternative of masonry.

Data worldwide indicates that the manufacture of handmade brick is a pollutant for the environment. For the adhesion of the cardboard is worked with binders such as; cooked flour paste, vinyl polyacetate, cement and clay. Prototypes are made considering the comparative regulations that reside in the Ecuadorian code of practice CPE INEN 5, part 4: 1984, on brick masonry, emphasizing the specific non-existence of a regulation that governs the manufacture or tests of mechanical resistance in this material.

The research aims to generate a constructive alternative that allows the reuse and use of recyclable materials, for the implementation of cardboard bricks with application in the internal masonry of the building.

### **KEY WORDS:**

BRICK, CARTON, CONSTRUCTION ELEMENTS, ENVIRONMENTAL IMPACT

## 6 INTRODUCCIÓN

---

El implementar elementos de construcción nuevos en este siglo es indispensable, es por ello que el reciclaje y la reutilización es deber de cada profesional, razón de aquello el presente estudio investiga la aplicación de elementos de construcción amigables con el ambiente, visualizando un problema puntual sobre un espacio definido, para llevar a cabo una solución por medio de la aplicación de nuevos elementos de construcción en la arquitectura.

La investigación se fomenta en dos premisas principales de la ciudad de Azogues, provincia del Cañar y son los siguientes; el elemento constructivo que se aplica mayormente en el cantón y el residuo sólido industrial que genera la población.

Es así que esta investigación busca la reducción del índice de arcilla que ingresa en un ladrillo de arcilla cocida<sup>1</sup> complementándolo con cartón. Se realiza una investigación exhaustiva sobre el cartón; desde sus inicios, procesos de fabricación y resistencias mecánicas, para encontrar los aditivos que posiblemente nos conduzcan a la conformación del ladrillo de cartón.

Por su parte el cartón que se emplea en esta investigación es reciclado, se lo extrae del relleno sanitario de Chabay.

En la investigación se construyen 51 prototipos con diferentes porcentajes de aglomerantes, y aditivos, dando resultados como; la cristalización de la arcilla, porcentajes de resistencia a la flexión sorprendentes y se evita la cocción del ladrillo. El ladrillo de cartón es el único elemento constructivo del mundo que se forma de cartón reciclado y el primero en poseer en sus procesos de fabricación la compactación del material, por lo cual no se cuenta con una normativa que rijan sus procesos de fabricación o resistencias mecánicas, se opta por realizar la comparación con el código de práctica ecuatoriano CPE INEN 5, parte 4: 1984, sobre la mampostería de ladrillo.

Al terminar con la experimentación se realiza un breve análisis del impacto ambiental que se tiene sobre el ladrillo de arcilla cocida versus el ladrillo de cartón.

El estudio no contempla un análisis económico sobre estos elementos de construcción ya que el enfoque es dirigido netamente a la experimentación de los materiales y el impacto ambiental del mismo.

## 7 PROBLEMÁTICA

---

Según Villavicencio (2013) los elementos constructivos más aceptados socialmente en la ciudad de Azogues son: el bloque y ladrillo de arcilla cocida, se registró el uso de estos en el 81% de todas las edificaciones de la localidad, datos que se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2010. El implementar estos elementos constructivos provoca su fabricación, en estos es imprescindible realizar la cocción, lo cual provoca combustión de gases que generan dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los mismos que forman parte de la contaminación al medio ambiente (El telégrafo, 2014). La extracción de materia prima para la fabricación de elementos de construcción es inevitable, su indiscriminada práctica tiene consecuencias negativas sobre la economía, el ambiente (Domingo Acosta, 2009), determinando que la demanda de los materiales como la arcilla y limos se suma a la contaminación originada por la construcción en las siguientes etapas: obtención del material, ocupación de espacio, la generación de residuos.

Por otra parte, en la ciudad de Azogues se genera alrededor de 1960 toneladas de cartón mensual como desecho sólido industrial y se encuentran depositados en el relleno sanitario de Chabay (Pacheco, Director del departamento de Gestión ambiental del Gad municipal de

---

<sup>1</sup> Se determina como ladrillo de arcilla cocida a la masa de arcilla, en forma de paralelepípedo rectangular, que, después de cocida, sirve para construir muros (Real Academia Española).

Azogues, 2017), contribuyendo al impacto ambiental, ya que al crecer la ciudad, prospera la industria aumentando los índices de desechos y con el manejo inadecuado de estos se generan repercusiones a los medios físicos, bióticos y sociales (Zapata Muñoz & Zapata Sánchez, 2013). El problema de contaminación continúa creciendo y al no implementar elementos alternativos de construcción ecológicos la degradación del ambiente aumenta. Esta información evidencia la carencia de elementos de construcción ecológicos aplicables en la ciudad y la necesidad de su estudio y fabricación.

## **8 DEFINICIÓN DE ALCANCES Y LIMITACIONES**

---

El ladrillo de cartón busca causar un impacto ambiental positivo mediante la reducción de la cantidad de arcilla que ingresa en el ladrillo, disminuyendo la extracción de recursos naturales como; la arcilla, limos y reducir el índice de cartón en el relleno sanitario.

El estudio se enfoca en la construcción de un ladrillo que contenga en su interior cartón reciclado, este material debe adherirse entre sí por medio de la colocación de capas sucesivas o la aglomeración de cartón triturado, para disminuir el índice de materias primas que ingresa normalmente en el ladrillo de arcilla cocida, este nuevo elemento de construcción será aplicado en la mampostería interna de las edificaciones, evitando las zonas húmedas. Se construirán prototipos de ladrillo de cartón que luego de una categorización se someterán a las pruebas de laboratorio. Al no existir una norma de resistencia mecánica para los ladrillo de cartón los resultados se compararán con el código de práctica ecuatoriano CPE INEN 5, parte 4: 1984, sobre la mampostería de ladrillo. La falta de innovación de elementos constructivos ecológicos es la motivación para la investigación del presente trabajo.

## **9 JUSTIFICACIÓN**

---

El trabajo investigativo de titulación se basa en dos elementos que se encuentran en la ciudad de Azogues y son contaminantes del medio ambiente, estos son: el elemento constructivo que predomina en la ciudad y el desecho sólido industrial que prevalece en el relleno sanitario de la localidad, es así que la investigación indica lo siguiente:

El 81% de las edificaciones de la ciudad son construidas con ladrillo de arcilla cocida y bloque (INEC, 2010), el porcentaje descrito indica la aplicación del material en la localidad, ahora si se analiza la cantidad de materias primas por metro cuadrado de construcción el resultado nos determina una implementación de 2 toneladas m<sup>2</sup> (Proaño Vásconez, 2013), generando una contaminación por la ocupación del suelo y por la fabricación de los materiales para construcción (Mercader, Ramírez, & Olivares, 2012). Sumando a la contaminación ambiental producida por la construcción la fabricación artesanal del ladrillo de arcilla cocida es considerada como una de las principales fuentes de emisión de contaminantes hacia la atmósfera (Inventario nacional de emisiones de México, 2011)

El relleno Sanitario de Chabay, acaba progresivamente su vida útil, por la cantidad de desperdicios que recibe, en promedio llega 1960 toneladas mensuales de Cartón, que se compone de 1560 ton que produce la ciudad (Pacheco, Entrevista sobre los residuos sólidos industriales en el relleno sanitario de Chabay - Azogues, 2017) y un estimado de 400 ton. que deposita la empresa Cartones Nacionales S.A.I. Cartopel por medio del convenio que se firmó entre el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Azogues y la compañía Cartones Nacionales S.A.I. Cartopel.

Con los elementos anteriormente descritos se pretende la construcción de un ladrillo de cartón aplicando aglomerantes<sup>2</sup> que se adhieran al cartón<sup>3</sup> y sea ecológico.

Con la investigación presente se genera innovación de sistemas constructivos mediante la aplicación de los materiales tradicionales<sup>4</sup> y las técnicas actuales de construcción<sup>5</sup>, este nuevo

---

<sup>2</sup> Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto. (Real Academia Española)

<sup>3</sup> Material formado por la superposición de hojas de pasta de papel adheridas unas a otras. (Real Academia Española)

elemento constructivo tiene la finalidad de ser aplicado en las edificaciones para divisiones internas en áreas que no estén expuestas a la humedad.

Se determina al proyecto como una fuente de reciclaje de cartón e invención de nuevos elementos de construcción, para cumplir así la promoción de las buenas prácticas ambientales<sup>6</sup>.

Finalmente, para la elaboración de este trabajo investigativo, se cuenta con la recolección de cartón del relleno sanitario de Chabay y su fabricación se realiza de manera empírica por parte del experimentador (Bunge, 2014).

## 10 OBJETIVOS

---

### General

Construir un ladrillo que sea compatible con porcentajes de cartón y aditivos, los cuales sustituyan el ingreso de arcilla común.

### Específicos

1. Analizar bibliografía sobre la aplicación del cartón en la construcción.
2. Categorizar modelos de ladrillos prototipos.
3. Definir el modelo de ladrillo óptimo para la construcción.

## 11 METODOLOGÍA

---

La metodología se dividió en los siguientes puntos de investigación:

Revisión bibliográfica sobre el cartón; su historia, obtención de la materia prima para su elaboración, fabricación del cartón corrugado, características técnicas, el reciclaje, usos y aplicaciones arquitectónicas

La fabricación de prototipos de ladrillo de cartón a escala que se rijan en la normativa comparativa norma del código CPE INEN 5, parte 4: 1984, emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), se realizaron tres etapas:

- Primera etapa: se fabricaron tres modelos de ladrillos de cartón; modelo 1: Se aplicó el cartón corrugado más la arcilla para formar el ladrillo, en este modelo se experimentó con ciertos aditivos los cuales evitaron la cocción del ladrillo, ya que se corría el riesgo que el cartón que lo conforman se quemara. Modelo 2: Se empleó los aglomerantes descritos en el cap. 1 más el cartón corrugado, estos modelos contenían las dimensiones de; 10cm de alto x 10cm de ancho x 10cm de profundidad. Modelo 3: Se empleó el cartón triturado reciclado<sup>7</sup>, con las consideraciones del modelo 2.
- Segunda etapa: se realizó la categorización de los modelos de ladrillo de cartón prototipos, con el fin de obtener los modelos positivos, los cuales pasaron a la tercera etapa de experimentación y los negativos que se descartaron de la investigación.
- Tercera etapa: los modelos positivos de la segunda etapa se sometieron a ensayos de su resistencia a la compresión mediante la máquina G-128-EI37-5522, con estos resultados se propuso el prototipo final de ladrillo de cartón.

Se llevó a cabo las pruebas de laboratorio según la norma establecida y se elaboró una guía técnica constructiva.

---

<sup>4</sup> La arcilla es el material base que se emplea en la elaboración de ladrillos y el que se ha empleado en este elemento desde sus inicios.

<sup>5</sup> Se implementa al experimento la compresión de los materiales, este método se emplea en el Bloque de Tierra Comprimido (BTC) para estabilizar el comportamiento mecánico del ladrillo.

<sup>6</sup> Las buenas prácticas ambientales es un compendio de actividades, con las que se promueve a diferentes personas jurídicas y naturales a aplicar ciertas prácticas con el fin de reducir la contaminación y los impactos ambientales negativos. (Ministerio del ambiente, 2010)

<sup>7</sup> Se utiliza el cartón del relleno sanitario de Chabay, ubicado en la ciudad de Azogues, provincia del Cañar.

# 1 Capítulo Historia del Cartón



## 12 CAPITULO 1: HISTORIA DEL CARTÓN

El origen tentativo del cartón se remonta a la escritura, se estima que el papel empleado en ese entonces fue aplicado posteriormente como las láminas de cartón, es así que se inicia con el uso del pergamino, el cual se elaboraba de la piel de animales<sup>8</sup> y se mezclaba con cal para lograr el componente final; el papiro también se implementaba como material de escritura, este se trenzaba con las fibras de la planta de papiro (Fabricartón, s.f.).

Luego con el paso del tiempo la dinastía Han<sup>9</sup> utilizaba láminas de cortezas de morera<sup>10</sup> tratadas para envolver y conservar los alimentos, los cuales se vendían a los pueblos vecinos para lograr una economía sólida, la ruta de Seda fue su medio para llegar a sus compradores, este camino era muy temido, ya que se llevaban a cabo robos y asesinatos. Gracias a esta dinastía se llegó a un acuerdo con los pueblos que transitaban por este camino para evitar estos ultrajes a los viajeros y mercancía.

Al llegar la calma al transitar por la ruta de Seda se estima que el material que la dinastía Han utilizaba para la envoltura de sus alimentos se convirtió en el cartón que llegó a Europa, este material fue considerado para impresión (Cartonaje S.L., s.f.).

Con las láminas de cartón ya fabricadas, se continúa con la historia de las cajas de cartón, las cuales eran lisas, es así que en 1883 en Brunswick el coronel Andrew Dennison tuvo la idea de elaborar una caja de cartón, esta invención surgió tras la necesidad de proteger las joyas que su hijo transportaba frecuentemente a Boston para luego ser vendidas en una tienda de su propiedad.

El coronel utilizaba un banco de zapatero más las láminas de cartón para fabricar cajas, y en pro de mejoras, padre e hijo inventaron una máquina que ayudaba a hendir y cortar el cartón, la llamaron "Half Machine" (Ferraresi, Soriano, García Montoya, Gámez Moreira, & Ubarri, 2015). Luego de aplicar las láminas lisas de cartón se descubre la lámina corrugada en los años 1870, Robert Gair por su parte inventó una caja 100% de cartón y luego en el año de 1871 Albert Long Jones patenta en New York el 19 de diciembre la aplicación del material corrugado para el empaque; este descubrimiento tiene dos historias de su invención, la primera se trata de un retrato de la reina Isabel con su cuello rizado (Ilustración 1) y la segunda de rodillos de la plancha goffer (Ilustración 2) (Martínez Sartorius, 2009).



Ilustración 1, Martínez I. (2009), Reina Isabel, (Imagen), Recuperado de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3988/CARTONCORRUGADO.pdf?sequence=1>



Ilustración 2, Vázquez A. (sf), Plancha goffer para cuellos y puños, (Imagen), Recuperado de <https://www.pinterest.es/pin/542754192567754731/>

<sup>8</sup> Los animales que se utilizaban era el cordero o el venado.

<sup>9</sup> La dinastía Han se estableció en el 206 A.C. y fue una clase de terratenientes que se establecieron el poder central, los cuales seguían las creencias del confucianismo.

<sup>10</sup> El árbol de morera produce frutos como la mora.

Luego de este descubrimiento en 1874 Oliver Long introdujo las flautas<sup>11</sup> a las hojas lisas de aquella época, dando a conocer la caja de cartón ondulado de la actualidad, en 1875 sería una asociación entre Robert Thompson con Henry Norris, para formar Thompson & Norris, con el afán de fabricar las cajas de cartón.

La primera corrugadora operada manualmente se fabricó por Mr. Norris y su diseño adquiere la forma de los calentadores a gas de la plancha Goffer, el ancho de la máquina variaba de 12 a 18 pulgadas, la máquina elaboraba la flauta y su funcionamiento iniciaba con el accionamiento de las correas desde una línea superior, las cuales movían los rodillos para darle forma a la lámina, estos contaban los remanentes del material con la ayuda de cuchillas que tenían un diámetro mayor que las láminas de cartón; su funcionamiento inicialmente fue con calentadores a gas, pero luego por cuestiones de seguridad contra incendios se adecuó para que trabajara a vapor. Una vez obtenido la lámina corrugada se pegaban a mano las hojas externas, con una pasta de harina cocida, la flauta se colocaba con mucha exactitud y se presionaba suavemente, para que estos componentes se adhirieran en un tiempo estimado de 24 horas sin ningún contacto con otro elemento.

Al principio el cartón se utilizaba como refuerzo interno, ya que su parte externa era de madera y esta la protegía.

La lámina de cartón "simple corrugado", que contenía dos caras lisas y en la mitad la flauta, fue fabricada en el año de 1880, producida por la máquina que Robert Thompson diseñó, el proceso para elaborar las láminas constaba del paso de una lámina de cartón por un rodillo, esto le daba la forma de la flauta, luego se aplicaba el pegamento y se dejaba caer sobre otra lámina de cartón, posterior a esto la cara exterior faltante era bobinada en un rollo y trasladada hacia una sala de secado.

En la búsqueda de un material más óptimo para aplicarse como flauta, se probó con el papel de paja de trigo, el cual generaba un corrugado más rígido, aplicándolo en 1885.

En los años subsiguientes hasta 1890 Robert Thompson, implementa las primeras máquinas operadas para fabricar dos tipos de láminas; simple y doble corrugado (Ilustración 3), entre los años 1890 a 1919 la caja de cartón es aceptada como un material de transporte en Estados Unidos, luego de 29 años de discriminación e impuestos sumamente altos a este material.

Desde los finales del siglo XIX se observó el mejoramiento de los procesos de fabricación, debido a la opción de distintos tipos de láminas de cartón, la velocidad de producción y las técnicas de estampado por medio del adelanto tecnológico.

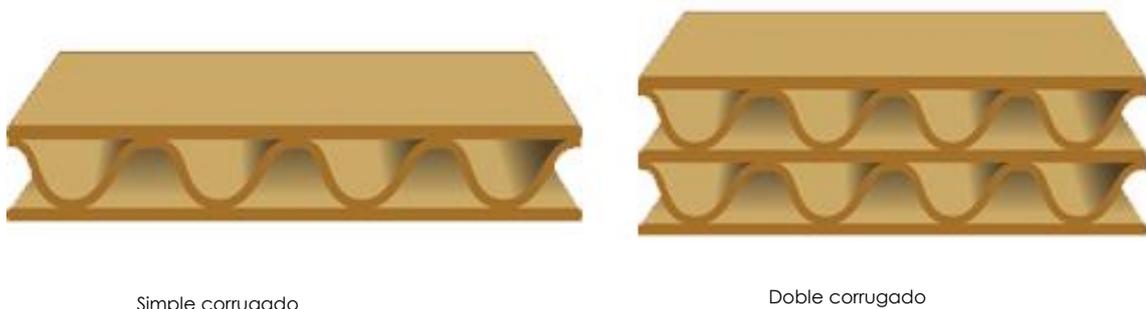


Ilustración 3, Asociación de Corrugadores del Caribe, Centro y Suramérica (sf), Láminas de cartón simple y doble corrugado, (Imagen), Recuperado de [https://www.corrugando.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=328:i-fasciculo-manual-de-elaboracion-del-carton-ondulado&catid=30:edicion-7&Itemid=18](https://www.corrugando.com/index.php?option=com_content&view=article&id=328:i-fasciculo-manual-de-elaboracion-del-carton-ondulado&catid=30:edicion-7&Itemid=18)

<sup>11</sup> La flauta es el material que se encuentra en la mitad de la lámina de cartón corrugado.

## 12.1 Obtención de la materia prima del Cartón - Papel.

El cartón se forma de liners o láminas de papel (Ilustración 4), los cuales están elaborados a base de cartón reciclado y árboles de pino, cuando se procede a la deforestación, se obtiene el tronco, el cual se tritura y se traslada a un estanque de alta presión que disuelve la sabia del tronco, luego se procede con la cocción<sup>12</sup> de este líquido, las fibras se limpian y se refinan, continuando a la máquina de Fourdrinier para obtener el papel (Ilustración 5).

Toda la materia restante pasa nuevamente a la cocción y posteriormente se procesa, en algunos casos se mezcla con la pasta de cartón reciclado, luego se dreña el agua que contiene la pasta en la máquina de rodillos y ésta forma la hoja de papel (Ilustración 6). Se enrolla el papel en las bobinas y este forma los liner de papel.

En los procesos de fabricación del cartón reciclado la composición de árboles talados es del 15% y el papel o cartón reciclado es el 85% (Discovery Chaneel).



Ilustración 4, Dreamstime (sf), Molino del papel y de pulpa - máquina de fourdrinier, (Imagen), Recuperado de <https://es.dreamstime.com/fotos-de-archivo-molino-del-papel-y-de-pulpa-m%C3%A1quina-de-fourdrinier-image11874663>



Ilustración 5, depositphotos (sf), Máquina de Fourdrinier, (Imagen), Recuperado de <https://mx.depositphotos.com/60980047/stock-photo-paper-mill-pulping-department.html>



Ilustración 6, TLS A brand of Techlab Systems, (sf), Línea de papel de cartón, (Imagen), Recuperado de <http://www.techlabsystems.com/es/ensayos-de-papel.html>

## 12.2 Fabricación del cartón corrugado

El material base para la fabricación del cartón es el papel, este contempla ciertas características de un material compuesto<sup>13</sup>, ya que se forma de tres capas de papeles, estos son conocidos como los corrugados y se componen de: dos papeles lisos para las caras exteriores y un papel ondulado llamado flauta para la cara intermedia (Roberto Sanchez, 2016), existen distintos tipos de papeles como se indica la tabla 1.

Tabla 1						
Tipos y características de los papeles usados en la fabricación del cartón						
Ítem	Papeles para caras exteriores	% de papel reciclado	Maleabilidad	Resistencia	Absorción de humedad	Gramajes (g/m <sup>2</sup> )
1	Test liner de 4° clase	100%	Alta	Baja	Alta	80-180g/m <sup>2</sup>
2	Test liner de 1° clase	90%	Media	Media	Media	110-180 g/m <sup>2</sup>
3	Papel kraft	0%	Baja	Alta	Baja	130-145 g/m <sup>2</sup>

<sup>12</sup> La temperatura de la máquina llega a los 158° C.

<sup>13</sup> Se determinan como materiales compuestos a la formación de dos o más componentes para la optimización de sus propiedades. Como ejemplo se describe al adobe ya que su composición es la arcilla, fibras de paja o el yeso reforzado con crines de caballo. (López, 2001)

Ítem	Papeles de acanaladura	% de papel reciclado	Maleabilidad	Resistencia	Absorción de humedad	Gramajes (g/m <sup>2</sup> )
1	Fluting o papel paja	100%	Alta	Baja	Alta	110-180 g/m <sup>2</sup>
2	Papel semiquímico	90%	Baja	Media	Media	130-180 g/m <sup>2</sup>

Manual de calidad 2012 de la Asociación española de fabricantes de fabricantes de cartón ondulado

Elaboración: Autor

El procedimiento general para la elaboración inicia con un rollo de cartón parcialmente reciclado, el cual ingresa en la máquina corrugadora, dentro de esta se presiona el papel y dispara una ráfaga de vapor, dándole la forma ondulada a la flauta. Luego pasa por otro rodillo que le proporciona poliacetato de vinilo a la flauta, agregando a las capas externas de papel, en el centro las ondas forman una bolsa de aire entre las flautas lo que le generan firmeza al cartón.

Al obtener el cartón deseado, se realiza cortes según la dimensión requerida mediante una sierra delgada, la máquina corrugadora separa el cartón en capas, utilizando unas pinzas flexibles de aluminio y continúa con el control de calidad para trasladar a la imprenta. Los siguientes procedimientos son: el apilamiento de las cajas, separación del material, corte de las asas y tapas de las cajas. Se realiza el dobléz de las cajas siguiendo las líneas marcadas por la corrugadora, se aplica poliacetato de vinilo frío a las piezas que forman la caja (si la caja está encerada se utiliza el pegamento caliente), la siguiente máquina dobla las piezas que están encoladas para formar la caja y se apilan.

Los brazos separadores llevan las cajas a la imprenta, está área se encarga de realizar las impresiones flexográficas<sup>14</sup> o litográficas<sup>15</sup>, por lo general la pintura que se utiliza es de agua por su rápido secado.

Se recortan nuevamente las tapas y hazas más complicadas, se realiza el último control de calidad y se envía a bodega. (Discovery Chaneel)

El procedimiento descrito, es mecanizado y las cajas van a variar dependiendo de la clasificación entre una cara simple a un triple ondulado o el grosor del papel (Ilustración 7).

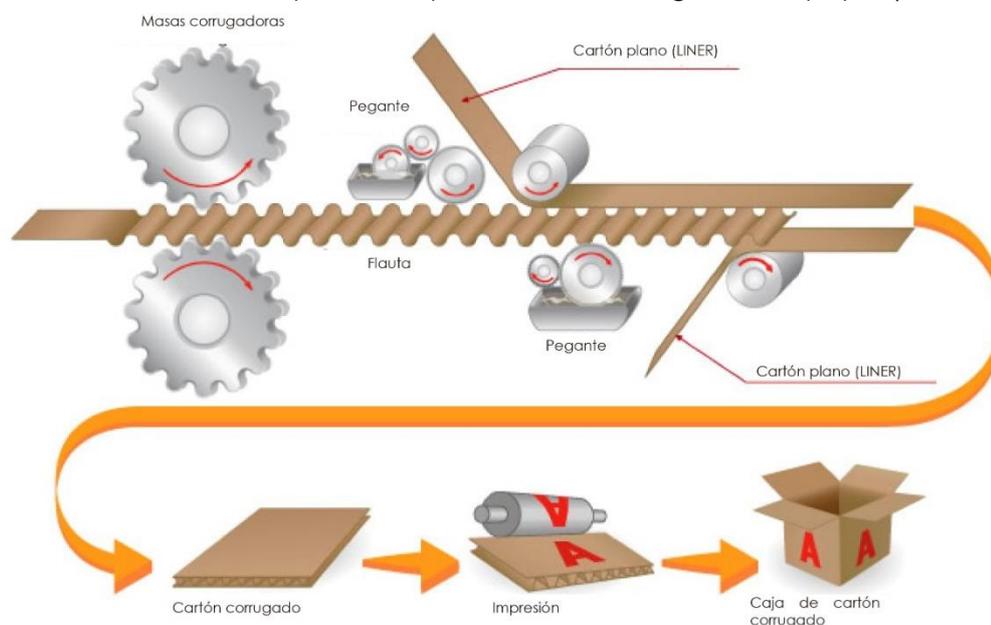


Ilustración 7, INDUGEVI (sf), Fabricación del cartón, (Imagen), Recuperado de <http://indugevi.com.co/la-fabricacion-del-carton/>

<sup>14</sup> Las flexográficas combina el texto y las imágenes, en la impresión hacia las láminas de cartón.

<sup>15</sup> Las litográficas realizan impresiones únicamente de texto.

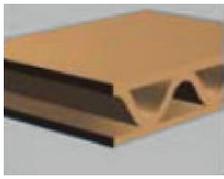
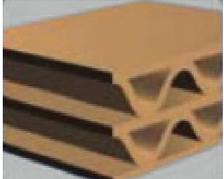
## 12.3 Características técnicas del cartón corrugado

El cartón corrugado posee la combinación de varias hojas de papel, lo cual lo hace indeformable, la resistencia a la compresión se determina mediante la aplicación de la fórmula de McKee, se calcula la cantidad de carga o presión que soporta la caja antes que se genere la deformación, para establecer estos parámetros se utiliza valores como; Edge Crush Test (ECT), el calibre del cartón corrugado, largo, ancho y alto de la caja.

Las pruebas de compresión se establecen a lo largo del eje de las flautas, en estas se dispone a la relación directa con el grosor de la hoja corrugada y las hojas planas que están en las caras exteriores (Ríos corrugadora, S.A. de C.V., s.f.)

El Flat Crush Test (FTC), por su parte mide la resistencia al aplastamiento de las caras exteriores, cuantifica la capacidad del cartón corrugado para resistir las fuerzas de compresión perpendiculares a su superficie, la muestra de análisis para este método es aplicado únicamente el cara simple (single face - SF) (ACCCSA, 2018). La resistencia con que se fabrican las cajas depende de los productos que llevan en su interior.

Se dispone de una clasificación de las cajas de cartón como lo describe la tabla 2.

Ítem	Imagen	Tipo de cartón corrugado	Fabricación	Resistencia ECT (Kn/m)	Maleabilidad
1		Cara simple (single face - SF)	Es el módulo elemental de todo cartón ondulado, se forma de una hoja lisa (una cara) y un ondulado, unidos entre sí con poliacetato de vinilo.	Muy baja < 3 Kn/m	Muy Alta
2		Cara doble (Double face - DF)	Al implementar una segunda cara se forma el doble - cara. Compuestos por dos papeles exteriores y una flauta.	Baja 3 - 8 Kn/m	Media - alta
3		Cara - Doble - Doble (Double - double face - DD)	Si al cara - doble se le añade un segundo módulo cara - simple, se forma el cara - doble-doble	Media 6-15 Kn/m	Media - Baja
4		Triple ondulado (solo papeles kraft y semiquímicos)	Un triple ondulado resulta de un doble-doble con una tercera cara simple. Como resultado, tiene una baja absorción de humedad.	Alta > 15 Kn/m	No maleable

Manual de calidad 2012 de la Asociación española de fabricantes de fabricantes de cartón ondulado

Elaboración: Autor

## 12.4 Reciclaje del cartón, usos y aplicaciones arquitectónicas

A partir del año 1990, aumentó la preocupación por el medioambiente, es por ello que se llegó a firmar en el año de 1992, el plan de acción universal, nacional y local que adoptó cada parte del territorio mundial para el cuidado del ecosistema, esta es la agenda 21 que fue adoptada por 178 países (Naciones Unidas).

En la actualidad la reutilización del cartón forma parte integral de la fabricación de nuevas cajas, ya que con la necesidad del uso de este producto se requiere de cajas de cartón corrugado para la comercialización los productos que son transportados por todo el mundo mediante las cajas.

La aplicación del cartón ha tomado una iniciativa a nivel mundial sobre su uso de una manera diferente en distintas áreas, en la actualidad existen; casas emergentes, iglesias, mobiliario y experimentos de paneles prefabricados y todos estos son aplicados con este material como reciclaje; a continuación describimos algunos ejemplos:

- **Viviendas emergentes.**

Las casas de cartón nacen de la necesidad de refugio en situaciones de desastre, el arquitecto Shigeru Ban es uno de los máximos exponentes en la aplicación de este material ya que presenta un tipo de vivienda, en la cual, el elemento estructural se compone de tubos de cartón, ejemplo de este sistema es el prototipo implantado en Kobe – Turquía, la estructura y paredes de este modelo se componen de tubos de cartón reciclado de 108mm de diámetro y 4mm de espesor, los cuales fueron rellenos con bolas de papel, revestidos con una capa de pintura ignífuga<sup>16</sup> y colocados uno con otros, unidos por medio de una cinta doble flaz; la cimentación se compone de cajas de cerveza rellenas de arena y una cubierta flexible de lona, esta se puede desplegar en estaciones frías para retener el calor y recoger en épocas cálidas para obtener mayor ventilación natural (Ilustración 8, 9, 10).



Ilustración 8, Galdón E (2011), Casa de cartón - Kobe / Turquía, (Imagen), Recuperado de <https://proyectos4etsa.wordpress.com/2011/11/05/casas-de-carton-shigeru-ban-kobe-turquia-1995/>



Ilustración 9, Quintal B (2014), Casa de cartón - Kobe / Turquía, (Imagen), Recuperado de: <https://www.archdaily.com>



Ilustración 10, Arqtividad (2014), Casa de cartón - Kobe / Turquía, (Imagen), Recuperado de [Arqtividad.blogspot.com](http://Arqtividad.blogspot.com)

### **Paper Log House, Bhuj, India, 2001.**

El modulo base de la vivienda es de 3m x 6m, ya que este tipo de conjunto satisface al grupo familiar promedio (Ilustración 15). La cimentación de la vivienda se compone de escombros de edificios destruidos, el piso es de barro tradicional.

Los tubos de cartón se organizan como mampostería, los cuales fueron rellenos con papel triturado para generar un aislamiento acústico y en ciertos casos, también se relleno con escombros de ladrillos.

<sup>16</sup> Las pinturas ignífugas tiene la propiedad de no contribuir a la propagación de la llama ni a la difusión del humo por combustión. (Airless Discounter, 2017)

Al igual que el ejemplo anterior, los tubos de cartón están protegidos con polietileno resistente al agua y retardantes de fuego, para la ventilación se aplicó divisiones entre los tubos que permitieron el ingreso del aire a la vivienda.

La cubierta se compone de una estructura de bambú, la cual es recubierta con una estera de caña tejida y para la protección de la lluvia se implementa una lona de plástico transparente (Ilustración 11,12).



Ilustración 11, McQuaid M. (2006), Paper Long House (Imagen).

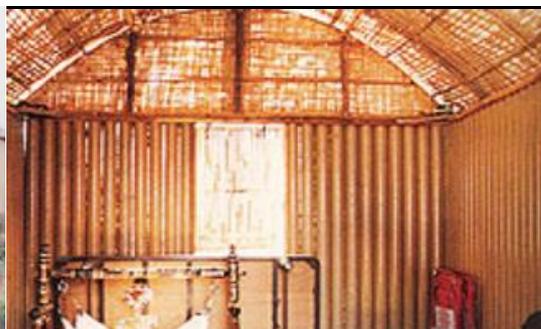


Ilustración 12, McQuaid M. (2006), Interior de Paper Long House (Imagen).

- **Iglesias de cartón.**

### **Iglesia de papel temporal Nagata – Japón.**

La obra se localiza en Nagata – Japón, el diseño cuenta con una sola planta distribuida en 168m<sup>2</sup>, se forma por 58 tubos de cartón, los cuales disponen un diámetro de 32cm, con espesor de 1,5cm y una altura de 5m, la disposición de las columnas es de manera elíptica, entre los espacios que se forman se rellenan con pantallas acristaladas, el material de la cubierta es lona (Ilustración 13, 14).

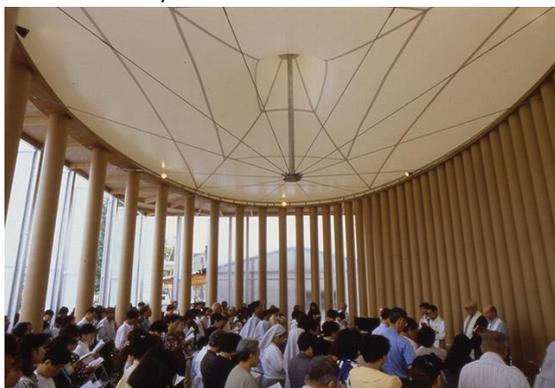


Ilustración 13, Artium (sf), Iglesia de papel temporal, Nagata, Kobe, Japón, (Imagen), Recuperado de <http://catalogo.artium.org/dossieres/exposiciones/premios-pritzker-viaje-por-la-arquitectura-contemporanea/iglesia-de-papel>



Ilustración 14, Artium (sf), Iglesia de papel temporal, Nagata, Kobe, Japón, (Imagen), Recuperado de <http://catalogo.artium.org/dossieres/exposiciones/premios-pritzker-viaje-por-la-arquitectura-contemporanea/iglesia-de-papel>

### **Catedral de Cartón, Christchurch - Nueva Zelanda, 2013.**

La catedral de cartón se encuentra ubicada en Nueva Zelanda- Christchurch, su estructura se compone de la implementación de tubos de papel y contenedores de 6 metros de longitud. La estructura inicia con 4 contenedores de transporte a cada lado éstos estabilizan los taludes de la catedral, se anclan 96 tubos de cartón reciclado y forman una V invertida (Ilustración. 15).

Los tubos de cartón están protegidos con un tratamiento externo que consta de: polietileno resistente al agua (Ilustración 16), retardantes de fuego y se implementa una capa de pintura ignífuga. En su interior las columnas de cartón poseen vigas de madera local laminada (Ilustración. 17). La disposición entre columnas permite el paso de luz ya que estas mantienen un espacio entre cada columna, la estructura está protegida por medio del metacrilato<sup>17</sup>, (Ilustración 18). La sujeción entre las columnas y los contenedores es mediante placas metálicas.



Ilustración 15, G +Aarquitectura (2013), Estructura de la Catedral de Cartón de Christchurch, (Imagen), Recuperado de <https://gmasarquitectura.wordpress.com/2013/08/13/shigeru-ban-catedral-de-carton-de-christchurch/>

Ilustración 16, Porada B. (2013), Tubos con polietileno, (Imagen), Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-244321/catedral-de-carton-de-shigeru-ban-se->

Ilustración 17 Archilovers (2014), Reforzamiento de los tubos de cartón de la Catedral de Christchurch, (Imagen), Recuperado de <http://www.archilovers.com/projects/119011/the-transitional-cardboard-cathedral.html>

Ilustración 18, Porada B. (2013), Anclaje de los tubos de cartón, (Imagen), Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-244321/catedral-de-carton-de-shigeru-ban-se-construye-en-nueva-zelanda>

- **Mobiliario con cartón.**

El cartón al ser versátil genera la opción de realizar varias formas a gusto de cada persona, como ejemplo se describe el trabajo de la empresa cartonlab, la cual se diseña desde estantes hasta sillas con cartón. Ciertos tipos de mobiliarios llegan a soportar una carga de hasta 120kg (Ilustración 19, 20).



Ilustración 19, Cartonlab (sf), Mobiliario de cartón, (Imagen), Recuperado de <http://cartonlab.com/muebles-de-carton-ecologicos-reciclables/>



Ilustración 20, Cartonlab (sf), Mobiliario de cartón, (Imagen), Recuperado de <http://cartonlab.com/muebles-de-carton-ecologicos-reciclables/>

- **Panel prefabricado.**

Mediante estudios de la estudiante de Universidad de Cuenca – Ecuador, Sonia Prieto y su director Arq. Marcelo Vázquez aplicaron un experimento que consiste en paneles

<sup>17</sup> Termoplástico transparente, que se utiliza en reemplazo del vidrio, se lo conoce como vidrio acrílico, este es un polímero sintético del meti-metacrilato (Acrílicos Acrilux S.A., 2017)

prefabricados alivianados a base cartón reciclado y papel periódico, este es un trabajo que se enfoca en el interés social.

El experimento no contempla papeles o cartones que contengan manchas de aceite, tinta o permanezcan con etiquetas adhesivas ya que todos estos materiales contaminan las mezclas óptimas para el panel.

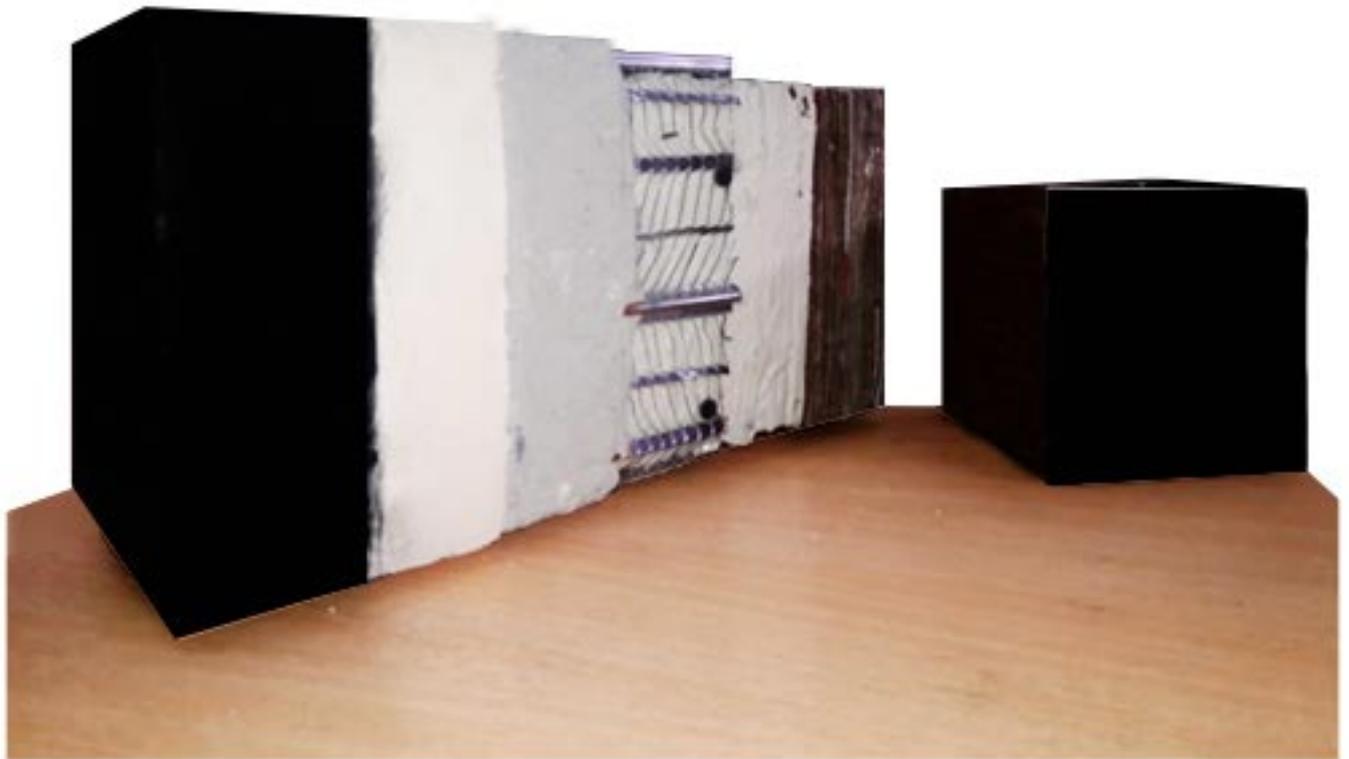
Para la mezcla del panel se implementó el cartón triturado para generar una mejor adherencia entre el material y se aplicó un aditivo plastificante acelerante para hormigón ya que este brinda características como: resistencia inicial y final al concreto, aumento en la trabajabilidad de la mezcla, un pronto uso en obras, un rápido desencofrado. La relación exitosa en la mezcla de los materiales fue de 1 parte de cemento, 2 partes arena, 0.05 partes cartón, 0.05 partes papel, la relación 0,9 de agua y el 2% de aditivo en relación del cemento la cual proporcionó resultados a los 28 días de 121.90Kg/cm de resistencia, sin embargo esta relación no fue la única que resultó positiva, la implementación de 1 de cemento, 2 arena, 0.05 cartón, 0.05 papel, la relación 0,7 de agua y el 2% de aditivo en relación del cemento llegó a determinar una resistencia de 125.35Kg/cm en la misma línea de tiempo, pero al ser una mezcla tan espesa se lo recomienda para la aplicación de bloques.

### **Sinopsis del capítulo.**

- El cartón como material de empaque ha distinguido la economía de muchos países ya que al utilizar este material se continúa con la exportación de todo tipo de mercadería, en sus inicios la pasta de harina cocida fue el aglomerante que se empleó en la fabricación de cartón corrugado. Por lo cual se adopta este aglomerante para el experimento.
- En la actualidad la fabricación del cartón corrugado utiliza el poliacetato de vinilo como aglomerante para unir los liners con la flauta, por lo cual al igual que la anterior conclusión se opta por este aglomerante en el experimento.
- El problema en el relleno sanitario de Chabay es evidente, ya que al poseer una cantidad excesiva de cartón y no reciclarlo, aumenta el índice de acumulación de basura, lo cual genera la ocupación de espacio, por consecuente se genera una disminución de vida útil al relleno sanitario.
- Al momento de ejecutar el experimento hay que tener ciertas consideraciones como: los cartones deben permanecer sin humedad relativa y no deben contener etiquetas plásticas o rastros de cinta.

2

## Capítulo FABRICACIÓN DE LADRILLOS DE CARTÓN



### 13.1 Primera etapa de experimentación.

El experimento consiste en la fabricación de 3 modelos de LADRILLOS DE CARTÓN, los cuales se fabrican por medio de la aplicación del cartón reciclado, el cual será extraído del relleno sanitario de Chabay. El porcentaje de las láminas de cartón corrugado o triturado reciclado en el ladrillo variará desde el 31% hasta un 95% de todo su volumen, la aplicación de estos valores no puede ser menor al 31% ya que se pretende dar la mayor participación al cartón reciclado en el ladrillo<sup>18</sup>.

#### Extracción de la materia prima - Relleno Sanitario de Chabay.

En la ciudad de Azogues, Provincia del Cañar, se genera alrededor de 52 toneladas mensuales de cartón y papel como desecho proveniente de la ciudad, el mismo que se traslada al relleno sanitario de Chabay ubicado en la autopista Azogues – Cuenca. Según los registros del municipio de esta ciudad el mes de diciembre del 2017, ingresó al relleno sanitario un total de 481,86 toneladas de cartón; enero del 2018 en su particular recibió un total 448,80 ton. y en febrero 502 ton. por lo cual la presencia del cartón es superior a cualquier tipo de elemento en el relleno sanitario de Azogues (Pacheco, Entrevista sobre los residuos sólidos industriales en el relleno sanitario de Chabay - Azogues, 2017).

El tratamiento que reciben los materiales que llegan al relleno es el esparcimiento en una área de 50m<sup>2</sup>, este cuenta con una geo membrana de base, cuando esparce todo el material hasta obtener una altura de 1,50 metros de acumulación, se cubre la basura con una capa de 50 cm de tierra en la superficie, este procedimiento se genera una y otra vez hasta pasar a otra plataforma de acogida de desecho.

El material no se clasifica, por lo que el cartón está en contacto con materiales orgánicos (Ilustración 21, 22).



Ilustración 21, Calle S, (2017) Cartón en el relleno sanitario de Chabay, (Imagen).



Ilustración 22, Calle S, (2017) Cartón en el relleno sanitario de Chabay, (Imagen).

<sup>18</sup> El porcentaje de los aglomerantes del ladrillo de cartón varían mediante la metodología de Bunge, en la cual expresa que el experimentador puede hacer variar los porcentajes de las variables que se encuentran en experimento según su conveniencia. Las variables del experimento son; independientes (Mezcla de distintos aglomerantes para formar el ladrillo) y variable dependiente (Ladrillo).

## **Análisis del impacto ambiental de los aglomerantes y aditivos del ladrillo de cartón.**

El análisis de aspectos e impactos ambientales de cada aglomerante y es fundamental para conocer su potencial de agresión del medio ambiente, es por ello que a continuación se detallada particularidades de los materiales utilizados:

### **Arcilla.**

el impacto ambiental más notable de este aglomerante como lo manifiesta (López 2016) está en su proceso extractivo de sus materias primas, la arcilla cocida como su nombre lo explica; este elemento constructivo al momento de fabricarlo necesariamente debe pasar por la etapa de cocción para ello en las ladrilleras se implementan combustibles como madera, aserrín, gas LP, diesel y aceites residuales, los cuales generan dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, generando un impacto ambiental (Cárdenas & Márquez, 2011).

### **Hidróxido de sodio.**

Este es un sólido cristalino, que absorbe el dióxido de carbono y la humedad relativa del aire, el estudio de impacto ambiental que AIR consultores realizó para el municipio de Pesquería de Nuevo León – México, indica que los impactos ambientales positivos son mayores que lo negativos, los componentes analizados en este estudio son; físicos, bióticos, sociales. (Reyes, 2008)

### **Cloruro sódico.**

Este es un mineral que se encuentra en la naturaleza, en masas sólidas o en el agua marina, la sal comúnmente llamada, en su fabricación tiene impactos ambientales de magnitud pequeña, reversibles, de duración relativamente corta. Al tener la infraestructura de las fábricas de sal éstas modifican la fauna, pero esta implementación no afecta mayormente al ambiente ya que la fauna se adapta a las actividades antropogénicas (S.C.P.P.E., PREDIO MAPAHUI, S.C.L.).

### **Cal.**

En la fabricación de la cal, los medios más vulnerables son; el suelo, agua, fauna y el humano, se determinó estos resultados mediante el estudio de Ewis Romero y Katy Sevilla en su investigación sobre la evaluación del impacto ambiental generado por la extracción y procesamiento de piedra caliza en el año 2017. Los procesos de extracción del material y su transporte son los causantes de esta valoración negativa, estos procesos son susceptibles de mitigación por medio de reforestación, control del tránsito (Riego con agua en las vías de acceso, para evitar el material particulado), preparación del suelo (Áreas que ya han sido intervenidas), mejora del microclima y control de equipos de seguridad para el personal. Este impacto puede ser mitigado. Por su parte el impacto ambiental positivo se ve reflejado en el medio económico y con los sectores de la construcción, metalurgia, textil, papelera, también se implementa el material en los procesos de purificación de aguas, tratamiento de basura, tratamiento de gases contaminantes (TICRAT 2008 Arizona-Sonora, 2008). La cal en el campo de la construcción ha contribuido como aglutinante de mampostería, siendo utilizada en obras romanas y que continúan en pie hasta nuestros días.

### **Poliacetato de vinilo.**

Este aglomerante no se encuentra en la naturaleza, es producido netamente por medio de fábricas y es empleado en la industria del embalaje, este aglomerante no contiene efectos perjudiciales en la salud, según el informe de la Agencia para Sustancia Tóxicas y el Registro de

Enfermedades, el cual llevo a cabo una entrevista con personas que trabajaron 15 años expuestos a niveles de 10ppm (Partes por millón) de este aglomerante y no tuvieron repercusiones de salud. Su proceso de fabricación es por medio de la polimerización, se necesita activar la doble ligadura del vinilo ya sea térmicamente, o fotoquímicamente por reacción con un catalizador iónico (Tecnología de los plásticos, 2012). Se tiene conocimiento de que el implementar catalizadores aumenta la velocidad de las reacciones químicas pero no se consumen en el transcurso de las mismas, por lo cual se adquiere una gran importancia tanto en el ámbito de la industria química como en otro tipo de aplicaciones tales como las medio ambientales (Cordero & Rodríguez, 2008).

### **Pasta de harina cocida.**

Los materiales que se necesitan para fabricar este engrudo son; harina de maíz + agua + azúcar + vinagre, la mezcla de estos materiales es casero por lo cual el impacto ambiental negativo se descarta, por otra parte el factor económico es continuo obteniendo un impacto ambiental positivo.

### **Cemento**

Al igual que la cal los medios más vulnerables son; el suelo, agua, fauna y el humano, como toda industria tiene respuestas inmediatas para la mitigación de los impactos ambientales negativos, implementando mejoras como la reforestación, manejo de desechos, planta de tratamiento de agua y los humos generados por los trabajos (Castrillo, 2004). El cemento es un aglutinante que a diferencia de la cal dispone de tiempos de secada mucho más rápidos, e la actualidad se lo emplea tanto es morteros como en conformación de elementos estructurales como vigas, columnas, losas.

### **Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).**

Uno de los principios fundamentales del ladrillo de cartón es evitar la cocción como procedimiento de fabricación, por lo cual se aplicó: hidróxido sodio que se emplea para el secado al ambiente del ladrillo de cartón, el cloruro sódico que ayuda a evitar que se generen fisuras en el proceso de secado del ladrillo y cal para solidificar las masas muy húmedas (la información más explícita de estos aditivos se encuentra en el anexo 1), la relación de cada elemento que se usó está descrito en la tabla n° 3, los valores están en función del volumen del ladrillo, el cálculo correspondiente se muestra en el anexo 2.

Las dimensiones del ladrillo de cartón son 39cm x 19cm x 9cm, según lo reconoce la norma NTE INEN 293:195 Ladrillo cerámicos. Definiciones. Clasificación y condiciones generales, en su literal 4.3.4 sobre las dimensiones de los ladrillos (Ilustración 25). En este modelo se fabricarán 12 prototipos de ladrillos de cartón, los mismos que serán distintos ya que varía el porcentaje de sus componentes. Para la fabricación del ladrillo de cartón se aplica la superposición de capas de cartón recubiertas con arcilla + los aditivos que se indican en la tabla 3, las ilustraciones 23 y 24 indican el procedimiento descrito.

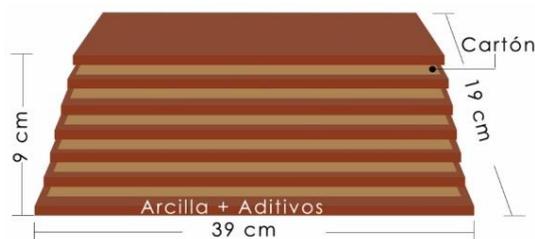


Ilustración 23, Calle S, (2017) Posición de las capas de cartón en el ladrillo de cartón, (Imagen).

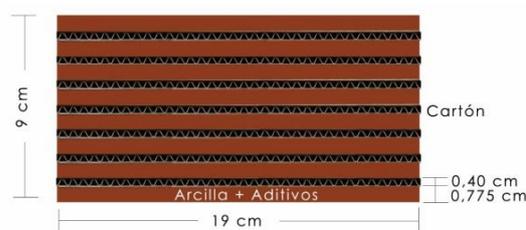


Ilustración 24, Calle S, (2017) Posición de las capas de cartón en el ladrillo de cartón, (Imagen).

Tabla N 3					
Modelo 1 - Cartón + (Arcilla + Aglomerante).					
N° de prototipo	Arcilla	Cartón	Hidróxido de sodio	Cloruro de sodio	Cal
	%	%	%	%	%
1	68,89	31,11	-	-	-
2	58,89	31,11	10	-	-
3	48,89	31,11	10	10	-
4	58,89	31,11	5	5	-
5	53,89	31,11	5	10	
6	58,89	31,11	-	-	10
7	48,89	31,11	-	10	10
8	58,89	31,11	-	5	5
9	53,89	31,11	-	5	10
10	70,00%	15,00%	-	-	15,00%
11	55,00%	10,00%	-	15,00%	20,00%
12	50,00%	10,00%	-	15,00%	25,00%

Porcentajes de los materiales para el módulo 1  
Elaboración: Autor



Ilustración 25, Calle S, (2017) Fabricación del ladrillo de cartón – acabado final, (Imagen).

El secado de cada prototipo se realizó al aire libre. Al transcurrir un lapso de 15 días desde la fabricación de los prototipos se produjeron fisuras en los ladrillo de cartón.

En el prototipo N° 12 se puede observar que al elevar los índices de cal y cloruro de sodio, obtuvo una coloración distinta, por lo cual al momento de partir el ladrillo se observó que la arcilla se había cristalizado (Ilustración 27, 27), al igual que se endureció en un lapso de tiempo menor.



Ilustración 26, Calle S, (2017) Cristalización del ladrillo de cartón - 15 días, (Imagen).



Ilustración 27, Calle S, (2017) Cristalización del ladrillo de cartón - 15 días, (Imagen).

## Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.

El modelo 2 se constituye de la aplicación directa de los aglomerantes investigados del primer capítulo, el procedimiento descrito busca lograr la adherencia entre las capas de cartón, para formar el ladrillo de cartón.

Al ejecutar este procedimiento se va a tener variaciones en las cantidades de cartón y peso por prototipo ya que es un material que no está clasificado por tamaños, pesos o gramaje, los procedimientos de fabricación de los prototipos se describen a continuación:

Se realiza la mezcla con tres aglomerantes los cuales son: pasta de harina cocida, poliacetato de vinilo y cemento.

Los materiales y procedimientos para la elaboración de la pasta de harina son: harina de maíz (100gr) + agua (1 lt) + azúcar (50gr) + vinagre (5ml), se mezcla los materiales antes mencionados y se cocina a fuego lento, una vez que se tenga un componente homogéneo se deja enfriar por 5 horas (Carrau, Ibáñez, & Rey, s.f.).

Las láminas de cartón, disponen de las dimensiones de 10cm x 10cm x 10cm y son cortadas por medio de un estilete; luego se procede a colocar el aglomerante en su cantidad correspondiente capa por capa, el cálculo correspondiente de los valores que deben ingresar en los prototipos se describe en la tabla 4. El cálculo que se encuentra en la tabla descrita se realiza en función del volumen del ladrillo, el proceso de análisis se muestra en el anexo 2.

Cada prototipo pasa por la compactación mediante una prensa manual de capacidad máxima de 12 ton. los criterios para aplicar este mecanismo es por la estabilización mecánica que se da en los bloques de tierra comprimida (BTC).

Cada elemento fue compactado del 100% de su altura hasta llegar al 50%, esto significa que si el bloque terminado dispone de una dimensión de 10cm de altura la compactación fue desde los 20cm de altura hasta llegar a la dimensión descrita.

Se intentó realizar una mezcla con el cartón triturado pero los índices de cartón que ingresaban al ladrillo era menores al 5% por ese motivo se rechazó el prototipo (Ilustración 28, 29 30).

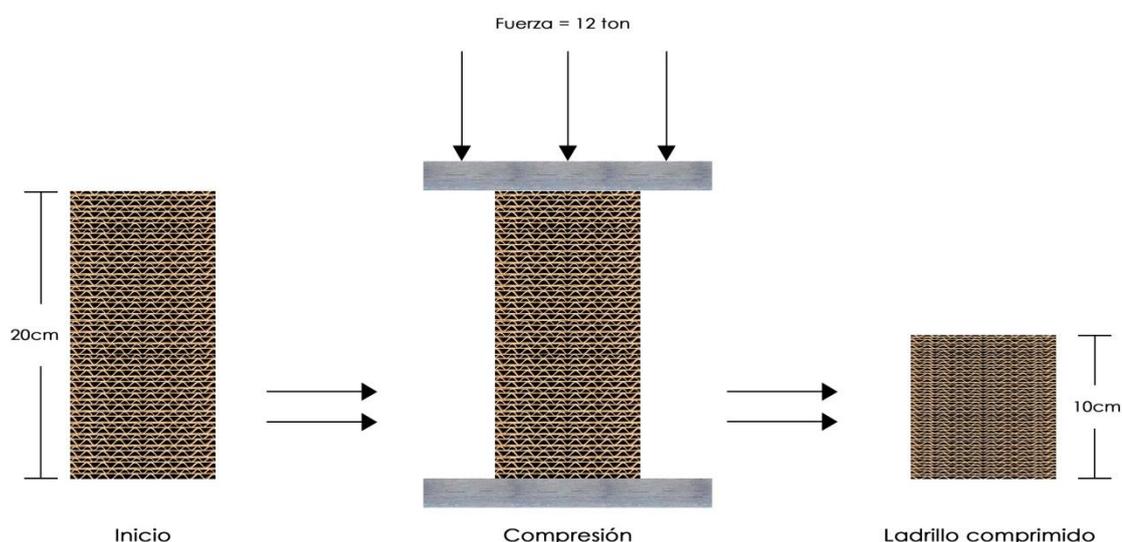


Ilustración 26, Calle S, (2017) Proceso de compactación del ladrillo de cartón, (Imagen).



Ilustración 28, Calle S, (2017) Compactación de los prototipos de cartón - cofres, (Imaen)



Ilustración 28, Calle S, (2017) Compactación de los prototipos de cartón, (Imagen).



Ilustración 28, Calle S, (2017) Compactación de los prototipos de cartón - acabado. (Imaen)

**Tabla 4**

**Modelo 2 - Capas de Cartón + Aglomerantes**

N° de prototipo	Aglomerantes			Número de capas de cartón	Peso del cartón	Volumen del cartón	Altura compactada del cartón
	Tipo	ml	%	Unidad	gr	cm3	cm
13	Pasta de harina cocida	10	30%	30	82	70%	7
14		7	20%	29	110	80%	8
15		1	5%	52	252	95%	9,5
16	Poliacetato de vinilo (Cola blanca)	10	30%	30	82	70%	7
17		6	20%	29	110	80%	8
18		1	5%	52	252	95%	9,5
19	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	10	30%	30	152	70%	7
20		6	20%	29	214	80%	8
21		1	5%	52	252	95%	9,5
22	Cemento + aditivos - Módulo 2 (0,9 de agua)	9	30%	30	152	70%	7
23		6	20%	29	214	80%	8
24		3	5%	52	252	95%	9,5

Porcentajes de los materiales para el módulo 2  
Elaboración: Autor

### Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)

El Cartón triturado + plástico se encuentra en el relleno sanitario, se trata de combinar este elemento con los aglomerantes expuestos en el modelo 2 para generar el ladrillo de cartón.

Los procedimientos de fabricación son los mismos que el modelo 2, la siguiente tabla indica el tipo de aglomerantes que se emplean (Ilustración31).



Ilustración 31, Calle S, (2017) Bloques de cartón triturado y plástico desechados de la fábrica Cartopel, (Imagen).

**Tabla 5**

**Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)**

N° de prototipo	Aglomerantes			Peso del cartón triturado	Volumen del cartón	Altura compactada del cartón
	Tipo	ml	%	Gr	cm3	cm
25	Pasta de harina cocida	300	30%	634	70%	7
26		200	20%	725	80%	8
27		50	5%	861	95%	9,5
28	Poliacetato de vinilo (Cola blanca)	300	30%	634	70%	7
29		200	20%	725	80%	8
30		50	5%	861	95%	9,5
31	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	300	30%	635	70%	7
32		200	20%	725	80%	8
33		50	5%	861	95%	9,5
34	Cemento + aditivos - Módulo 2 (0,9 de agua)	300	30%	635	70%	7
35		200	20%	725	80%	8
36		50	5%	861	95%	9,5

Porcentajes de los materiales para el módulo 3

Elaboración: Autor

Una vez concluido el proceso de fabricación de cubos de cartón pasamos a la segunda etapa de experimentación (Ilustración 32).

Aglomerantes	70%	80%	95%
Pasta de harina cocida			
Poliacetato de vinilo			
Cemento (0,9 de agua)			
Cemento (0,7 de agua)			
Pasta de harina cocida			
Poliacetato de vinilo			
Cemento (0,7 de agua)			
Cemento (0,9 de agua)			

Ilustración 32, Calle S, (2017) Secado de los prototipos de cubo de cartón, (Imagen).

### 13.2 Segunda etapa de experimentación: Categorización de los prototipos de ladrillos de cartón.

En esta etapa se procede con la clasificación de prototipos de ladrillo de cartón, su categoría trata sobre las condiciones de cada elemento; es decir, se cataloga en base de su cohesión y adherencia entre el material, identificando los valores de las dosificaciones de cada prototipos.

Una vez catalogados los prototipos, los positivos continúan a la etapa de los ensayos a compresión. La siguiente tabla indica los resultados:

Tabla 6															
Dosificaciones de los 3 modelos de ladrillos de cartón															
N° de prototipo	Modelos	Positivos	Negativo	Arcilla	Láminas de Cartón	Cartón triturado	Hidróxido de sodio	Cloruro de sodio	Cal	Pasta de Harina Cocida	Poliacetato de vinilo	Cemento (0,7% de agua)	Cemento (0,9% de agua)		
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	Modelo 1 - Cartón + (Arcilla + Aglomerante)		X	69%	31%	-	-	-	-	-	-	-	-		
2			X	59%	31%	-	10%	-	-	-	-	-	-	-	
3			X	49%	31%	-	10%	10%	-	-	-	-	-	-	
4			X	59%	31%	-	5%	5%	-	-	-	-	-	-	
5			X	54%	31%	-	5%	10%	-	-	-	-	-	-	
6			X	59%	31%	-	-	-	10%	-	-	-	-	-	
7			X	49%	31%	-	-	10%	10%	-	-	-	-	-	
8			X	59%	31%	-	-	5%	5%	-	-	-	-	-	
9			X	54%	31%	-	-	5%	10%	-	-	-	-	-	
10			X	70%	15%	-	-	-	15%	-	-	-	-	-	
11			X	55%	10%	-	-	15%	20%	-	-	-	-	-	
12			X	50%	10%	-	-	15%	25%	-	-	-	-	-	
13	Modelo 2 - Capas de Cartón + Aglomerantes.		X	-	70%	-	-	-	-	30,00%	-	-	-		
14			X	-	80%	-	-	-	-	20,00%	-	-	-		
15			x	-	95%	-	-	-	-	5,00%	-	-	-		
16			x	-	70%	-	-	-	-	-	30,00%	-	-		
17			x	-	80%	-	-	-	-	-	20,00%	-	-		
18			x	-	95%	-	-	-	-	-	5,00%	-	-		
19				X	-	70%	-	-	-	-	-	30,00%	-	-	
20				X	-	80%	-	-	-	-	-	-	20,00%	-	-
21				X	-	95%	-	-	-	-	-	-	5,00%	-	-
22				X	-	70%	-	-	-	-	-	-	-	30,00%	-
23				X	-	80%	-	-	-	-	-	-	-	20,00%	-
24				X	-	95%	-	-	-	-	-	-	-	5,00%	-
25	Modelo 3 - Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)		X	-	-	70%	-	-	-	30,00%	-	-	-		
26			X	-	-	80%	-	-	-	-	20,00%	-	-	-	
27			X	-	-	95%	-	-	-	-	5,00%	-	-	-	
28			X	-	-	70%	-	-	-	-	-	30,00%	-	-	
29			X	-	-	80%	-	-	-	-	-	20,00%	-	-	
30			X	-	-	95%	-	-	-	-	-	5,00%	-	-	
31			X	-	-	70%	-	-	-	-	-	-	30,00%	-	
32			X	-	-	80%	-	-	-	-	-	-	20,00%	-	
33			X	-	-	95%	-	-	-	-	-	-	5,00%	-	
34			X	-	-	70%	-	-	-	-	-	-	-	30,00%	
35			X	-	-	80%	-	-	-	-	-	-	-	20,00%	
36			X	-	-	95%	-	-	-	-	-	-	-	5,00%	

Fuente: Autor 2018

Elaboración: Autor 2018

Los resultados positivos son los prototipos: 15 - Pasta de harina cocida con el 95%, los prototipo 16, 17, 18 con el aglomerante de poliacetato de vinilo en el porcentaje de; 70%, 80% y 95%, los prototipos descritos serán objeto de la prueba de compresión. El resultado que contenga mayor resistencia será el sujeto de experimentación con la norma del código de práctica ecuatoriano CPE INEN 5, parte 4: 1984 – Código ecuatoriano de la construcción. Mampostería de ladrillo, como norma referencial para la medición de su comportamiento mecánico.

Los resultados negativos presentaron lo siguiente:

- La aplicación en los prototipos del 1 al 12 no fueron adecuados ya que las capas de cartón absorbieron el agua de la arcilla y retuvieron la humedad que contenía la arcilla, por lo cual se produjo un desprendimiento del material.
- Por su parte los prototipos 14, 15 presentaron moho en el cartón, producto de la humedad que obtuvieron
- Los prototipos 19 a la 24 que poseían dosificaciones de cemento, resultaron incompatible su adherencia con las capas de cartón.
- Los prototipos 25 a 36 con cartón triturado dieron resultados positivos a la adherencia, sin embargo su resistencia a la fuerza de compresión fue limitada, debido al esponjamiento que presentó el material (Ilustración 33).



Ilustración 33, Calle S, (2017) Prototipos negativos, (Imagen).

### 13.3 Tercera etapa de experimentación – Ensayos de compresión

Los prototipos 13, 19, 21 y 23 resultaron óptimos para los ensayos de compresión en la máquina G-128-EI37-5522. La disposición de la carga se efectuó en la cara favorable (canto) aprovechando la colocación de las caras perpendiculares a la fuerza de la carga. Los prototipos fueron sujetos a la experimentación con los resultados expuestos en la siguiente tabla.

Tabla 7							
Resultados preliminares de los ensayos del ladrillo de cartón							
Prototipos	Tipo de aglomerante	Porcentaje de aglomerante	Láminas de cartón	Peso	Carga de la máquina	Área	Resistencia final
		%	Unidad	Kg	Carga de rotura Newtones	mm <sup>2</sup>	Mpa
15	Pasta de harina cocida	5	95	0,29	5884,2	10000	0,588
16	Poliacetato de vinilo	5	95	0,29	4511,22	10000	0,451
17	Poliacetato de vinilo	20	80	0,31	7257,18	10000	0,726
18	Poliacetato de vinilo	30	70	0,32	8924,37	10000	0,892

Resultados de laboratorio – Prueba de resistencia a la compresión  
Elaboración: Autor 2018

El prototipo con el resultado más favorable fue la el nº18 – con el aglomerante al 30% de poliacetato de vinilo, que obtuvo una resistencia de 9 kgf/cm<sup>2</sup> (Ilustración 24).



Ilustración 34. Calle S, (2017) Prototipos de cubo de cartón – Ensayos de compresión, (Imagen).

En base de los resultados obtenidos se efectúa la fabricación de 15 ladrillos de cartón, para esta etapa de experimentación se aplica la norma, Código CPE INEN 5, parte 4: 1984 – Mampostería de ladrillo. Previo a la fabricación de los prototipos se realizó el análisis de la normativa correspondiente la cual se expone en el anexo 3.

Para la fabricación de los ladrillos de cartón se dispone de las dimensiones de; 29cm x 19cm x 14cm. Se procede a obtener el cartón del relleno sanitario de Chabay se deja secar el material por 24 horas para la realización del corte. Considerando el estado del material en seco se procedió a apilar el material, sujetándolo con tornillos para cortar en láminas de 14 x 9cm. Para el corte de las láminas de cartón se procedió a emplear una amoladora con disco de corte de sierra de 4 1/2".

Cuando se obtienen todas las capas de cartón necesarias para formar el 70% del volumen del ladrillo se procede a colocar el poliacetato de vinilo capa por capa.

La compactación en este capítulo se la realiza con la relación del 100% al 50%, hasta el momento es similar al cap. anterior, pero al momento de compactar se lo realiza en 4 etapas.

La altura inicial de ladrillo de cartón es 58 cm, con la compactación se llega a una altura final de 29cm. La compactación se realiza cada 14,5cm como altura inicial y se llega a una altura final de 7,25cm este procedimiento se lo realiza 4 veces y se obtiene la dimensión deseada. Se utilizó un cofre de compactación y un cofre de modelado de ladrillo para juntar todas las piezas compactadas en una sola. El secado se realizó al aire libre, se desencofró todos los prototipos luego del transcurso de 24 horas (Ilustración 35). Mientras el ladrillo de cartón esté más expuesto al sol se acelera el proceso de secado.

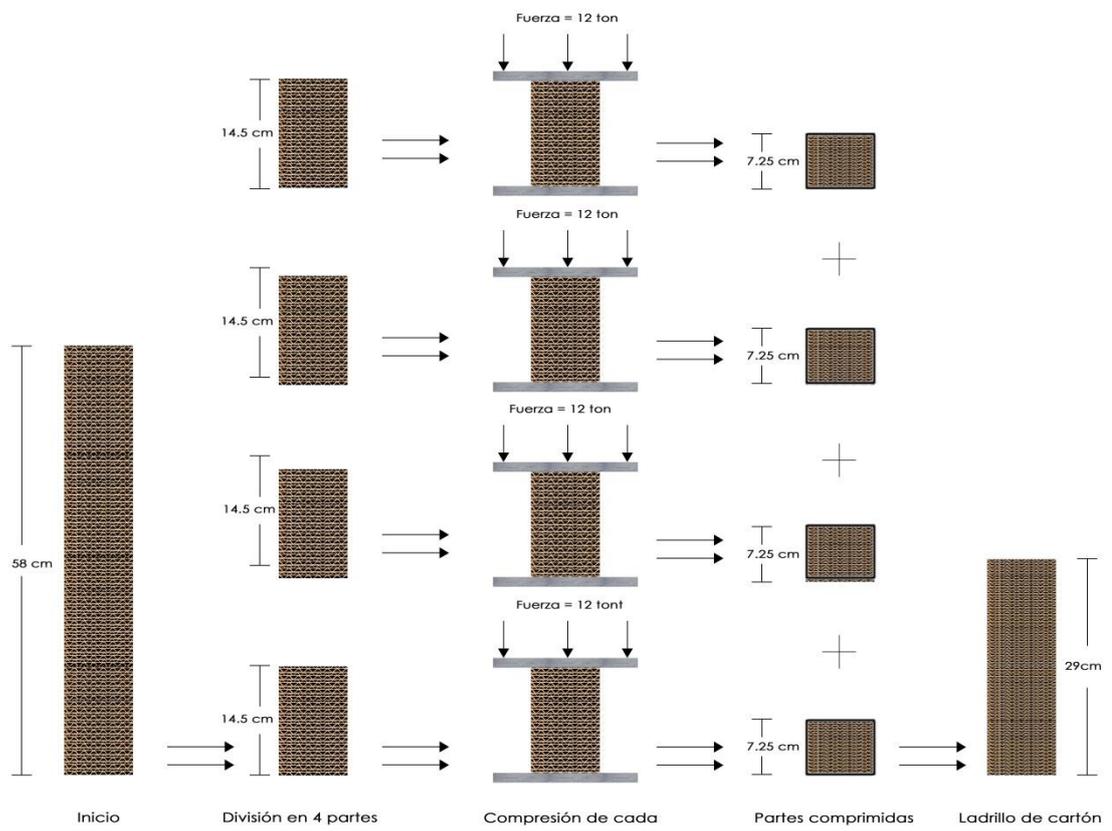


Ilustración 35. Calle S. (2017) Procesos de fabricación del ladrillo de cartón. (Imaen)



Ilustración 36. Calle S. (2017) Fabricación del ladrillo de cartón, (Imagen).

**Tabla 8**

**Fabricación del ladrillo de cartón**

N° de ladrillo de cartón	Láminas de cartón		Total de láminas por ladrillo	Peso de las laminas		Peso total del ladrillo	Aglomerante por capa
	Unidad		Unidad	Gramos ( gr)		Gramos ( gr)	Lt
1	25	26	97	197	190	700	0,011
	22	24		157	156		
2	21	26	92	149	182	648	0,012
	23	22		158	159		
3	22	24	87	159	128	613	0,013
	22	19		176	150		
4	24	21	89	158	149	621	0,012
	22	22		151	163		
5	22	22	93	125	178	624	0,012
	23	26		153	168		
6	23	20	88	160	149	675	0,012
	22	23		184	182		
7	19	19	80	153	132	572	0,014
	21	21		149	138		
8	16	20	73	122	143	528	0,015
	18	19		134	129		
9	17	18	67	136	133	507	0,016
	16	16		120	118		
10	13	15	60	99	118	411	0,018
	13	19		81	113		
11	19	20	75	143	144	555	0,015
	19	17		138	130		
12	22	23	86	162	125	596	0,013
	21	20		155	154		
13	25	26	102	200	186	762	0,011
	25	26		188	188		
14	24	27	101	168	167	691	0,011
	25	25		164	192		
15	23	25	98	156	174	664	0,011
	25	25		168	166		

Cantidades de cada material y aglomerantes en cada ladrillo de cartón

Elaboración: Autor 2018

# 3

## Capítulo

# PRUEBAS DE LABORATORIO

Mediante el código de práctica ecuatoriano cpe inen 5, parte 4: 1984, sobre la mampostería de ladrillo.



## 14 CAPÍTULO 3: PRUEBAS DE LABORATORIO MEDIANTE EL CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO CPE INEN 5, PARTE 4: 1984, SOBRE LA MAMPOSTERÍA DE LADRILLO.

---

Con los prototipos fabricados se procede a las pruebas de laboratorio.

### 14.1 Normativa Ecuatoriana para la fabricación del ladrillo.

Cabe mencionar que al ser un experimento único en el mundo, no existen normas de fabricación de ladrillo de cartón o de pruebas mecánicas del elemento, por lo cual se optó por comparar este experimento con las normas del Instituto Ecuatoriano de normalización (INEN), al ser un cotejo de pruebas mecánicas entre el ladrillo de cartón con un ladrillo de arcilla cocida se revisa en el código de práctica Ecuatoriano CPE INEN 5, parte 4: 1984, sobre la mampostería de ladrillo, nos indica en su objeto, numeral 1.1 Que;

El código establece las especificaciones y recomendaciones necesarias para la correcta ejecución de los trabajos de mampostería, en general y la erección de muros de ladrillo de arcilla cocida en particular, por lo que esta norma se puede aplicar en el experimento sobre el ladrillo de cartón, haciendo énfasis a una alternativa de mampostería, las normas descritas se presentan en el anexo 3.

### 14.2 Pruebas de laboratorio. CPE INEN 5, parte 4: 1984

En este tema se analiza el ladrillo de cartón y somete a las pruebas de laboratorio que demanda el Instituto Ecuatoriano de normalización (INEN), las cuales fueron expuestas en el cap. 1, en su código de práctica Ecuatoriano CPE INEN 5, parte 4: 1984, sobre la mampostería de ladrillo.

Con los prototipos del cap. 3 se analiza su resistencia a la compresión, flexión y humedad según las siguientes normas:

- INEN 294 – Determinación de la resistencia a la compresión.
- NTE INEN 295:1977 Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión.
- NTE INEN 296 - Ladrillos cerámicos. Determinación de absorción de humedad.

Según la norma NTE INEN 292 sobre ladrillo cerámicos. Muestreo, nos indica que si el tamaño del lote de los ladrillos es hasta 35000 unidades se dispone 5 ladrillos de muestra y si sobrepasa esta cantidad se extraen 8 muestras, el tipo de extracción que se efectuó fue sistemática según lo explica el anexo 3, en su tema 1.14 Normativa Ecuatoriana para la fabricación del ladrillo.

Para cada prueba se escogieron 5 prototipos de ladrillos de cartón (Ilustración 36), las normas presentes en este estudio dictaminan que los ladrillo deben ser de arcilla cocida, pero por motivos de comparación se emplean este tipo de normas entre los ladrillos de arcilla cocida y el ladrillo de cartón.



Ilustración 37, Calle S, (2017) Ladrillo de cartón, (Imagen).

### Revestimiento del ladrillo de cartón.

Con el objetivo de mejorar la resistencia y eliminar el defecto de absorción de humedad<sup>19</sup> del ladrillo de cartón se procedió a impermeabilizarlo con empore + poliacetato de vinilo, por el cual se optó con una relación de cantidades de 1: 1, con la combinación de estos elementos se logra tener una capa impermeabilizante para proteger el ladrillo de cartón esto lo logra mediante el empore (Sika , 2014) y su adición al ladrillo se lo logra mediante el poliacetato de vinilo ya que el polímeros principal que contiene hace posible esta acción (Poliacetato de vinilo).

El motivo del empleo de estos materiales es por el éxito de adherencia del poliacetato con las láminas de cartón y su mezcla con el empore genera una superficie rígida (Ilustración 37).

Se aplicó la mezcla y se esperó un lapso de 72 horas para su uso, una vez secos es tiempo de continuar con las pruebas de laboratorio.



Ilustración 38, Calle S, (2017) Ladrillo de cartón + revestimiento de empore y poliacetato de vinilo, (Imagen).

### INEN 294 – Determinación de la resistencia a la compresión

La norma en cuestión determina la aplicación de una carga progresiva de compresión a una muestra de ladrillo de cartón, para el efecto de prueba se empleará la máquina G-128-EI37-5522.

- **Preparación de las muestras.-** se procede a cortar los ladrillo de cartón por la mitad según como lo indica la norma, se utilizó para el corte una amoladora con disco de corte para madera de 4/12" (Ilustración 38).



Ilustración 39, Calle S, (2018) Preparación de los ladrillos de cartón para la norma INEN 294 – Determinación de la resistencia a la compresión, (Imagen).

<sup>19</sup> Defecto que presentaron los prototipos de harina cocida en su porcentaje del 70% y 80% de cartón.

- **Procedimiento.**- Se colocan las muestras en la plataforma de carga, son centradas de manera que reciban la carga en la cara que menor dimensión dispone.

- **Cálculo.**- se aplica la forma descrita en la norma:

$$C = P/A$$

C= Resistencia a la compresión, en Megapascuales.

P= La carga de rotura en Newtones.

A= Área de la sección en milímetros cuadrados.

- **Resultados**

Los resultados se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 9				
Resultados de la prueba de compresión / Norma INEN 294				
N° de prototipo	Carga de la máquina	Área		Resistencia final
	Carga de rotura Newtones	cm2	mm2	Mpa
2	8434,02	203	20300	0,42
4	10885,77	203	20300	0,54
9	7257,18	203	20300	0,36
12	6668,76	203	20300	0,33
13	7747,53	203	20300	0,38

Realización de la prueba de laboratorio según la norma INEN 294 a 5 ladrillos de cartón.

Elaboración: Autor 2018

El promedio de todos los prototipos resulto en 4.11 kfg/cm2 y 0.40 Mpa, la norma indica que las resistencias en los ladrillos de arcilla cocida del tipo C debe ser de 6 Mpa, por lo tanto no cumple la normativa, el revestimiento que se aplicó en estos prototipos debe mejorarse.

#### **NTE INEN 295:1977 Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión.**

La norma en cuestión determina la aplicación de una carga progresiva de flexión a una muestra de ladrillo de cartón, para el efecto de prueba se empleará la máquina descrita en la prueba anterior.

- **Preparación de las muestras.**- para la aplicación de esta norma se disponen de 5 ladrillos de cartón sin defectos apreciables (Ilustración 39).



Ilustración 40, Calle S, (2018) Pruebas de laboratorio – Norma INEN 295:1977, Determinación de la resistencia a la flexión, (Imagen).

- **Cálculo.-** se aplica la forma descrita en la norma:

$$R = 300G / 2db^2$$

R=Módulo de rotura, en Megapascuales.

G=Carga de rotura, en Newtones.

/=Distancia entre apoyos, en milímetros

B=Ancho de cara a cara, en milímetros

D=Promedio del espesor, en milímetros

Tabla 10					
Resultados de la prueba de flexión / Norma INEN 295					
N°	Carga de rotura	/	B	D	Resistencia final
	Newtones	mm	mm	mm	Mpa
3	2240	150	90	140	28,57
11	2190	150	90	140	27,93
8	2760	150	90	140	35,2
1	3870	150	90	140	49,36
6	3350	150	90	140	42,73

Se realizaron la prueba de laboratorio según la norma INEN 295 a 5 ladrillos de cartón.

Elaboración: Autor 2018

El promedio de todos los prototipos resultó 36,76 Mpa, la norma indica que las resistencias de los ladrillos de arcilla cocida tipo C deben ser de 2 Mpa. Superando los valores de resistencia que establece la norma.

#### NTE INEN 296 – Determinación de absorción de humedad.

La norma en cuestión determina la absorción de la humedad del ladrillo de cartón.

- **Preparación de las muestras.-** se dispone de 5 ladrillos de cartón, los cuales deben ingresar a un horno de desecación a 110°C por un lapso de 24 horas, luego se enfría a temperatura ambiente y se pesa el ladrillo de arcilla cocida (Ilustración 40).



Ilustración 41, Calle S, (2018) Pruebas de laboratorio – Norma NTE INEN 296 – Determinación de absorción de humedad, (Imagen).

- **Procedimiento.-** Una vez se obtengan los ladrillos de cartón se procede a sumergirlos en agua destilada durante 24 horas, al sacar las muestras se debe pesar.
- **Cálculo.-** se aplica la forma descrita en la norma:

$$\text{Absorción\%} = P2 - p1 / p1 \times 100$$

P1= Masa de la muestra desecada

P2= Masa de la muestra después de 24 horas de estado sumergida.

<b>Tabla 11</b>			
<b>Resultados de la prueba de absorción a la humedad / Norma INEN 296</b>			
<b>N°</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Resultados</b>
	<b>gr</b>	<b>gr</b>	<b>%</b>
15	1705	2738	60,59
14	1345,5	1789	32,96
10	1085	1829	68,57
7	1295,5	1607	24,04
5	1254,5	2393	90,75

Se realizaron la prueba de laboratorio según la norma INEN 296 a 5 ladrillos de cartón.

Elaboración: Autor 2018

El promedio de todos los prototipos resulto en 55,38%, la norma indica que la absorción de humedad en los ladrillos de arcilla cocida del tipo C debe ser de 25% y el tipo E debe ser de 18%, por lo que no se cumple con la norma.

Los resultados de todas las pruebas se muestran en la siguiente tabla:

<b>Tabla12</b>			
<b>Cuadro comparativo de resultado de las pruebas de laboratorio</b>			
	<b>Resistencia a la compresión Mpa</b>	<b>Resistencia a la flexión Mpa</b>	<b>Humedad Absorción %</b>
<b>Código CPE INEN 5, parte 4: 198</b>	6	2	25
<b>Resultados del ladrillo de cartón</b>	0.40	36.76	55.38

Elaboración: Autor 2018

Fuente: Autor

En las pruebas de flexión se cumple el parámetro establecido por la norma, superando el valor establecido 10 veces. Las pruebas de compresión y humedad, no fueron las esperadas, los resultados establecidos bajo la normativa comparativa no satisfacen las pruebas bajo el condicionante de la arcilla, razón de aquello se recomienda su aplicación complementando un sistema de entramado ligero compuesto de parantes verticales, para rigidizar la mampostería.

El prototipo requiere una impermeabilización complementaria al revestimiento de empare, se plantea un modelo que contenga un enlucido de cemento, el cual mejore las propiedades mecánicas del elemento propuesto.

Su aplicación se realiza de una malla nervometal para el soporte e impregnación del material sobre la superficie, mejorando los valores establecidos en los ensayos.

Hay que recalcar que este modelo de ladrillo de cartón no contiene procesos de contaminación ambiental como los ladrillos de arcilla cocida, ya que no se realiza la cocción en su proceso de fabricación, por lo tanto no se emana dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al ambiente. Por su parte la producción es rápida y se implementa mediante un programa de reciclaje, cumpliendo con el objetivo de estudio generando un elemento en el campo de la construcción, eliminando completamente el uso de la arcilla, limos y aprovechando el índice de cartón que ingresa en el relleno sanitario de Chabay. Al reciclar una tonelada de cartón se ahorran 26500 litros de agua, 2 metros cúbicos de vertedero y una emisión de 900 kl de CO<sub>2</sub>, gas causante del cambio climático (Prieto Jiménez, 2014) . Al implementar el ladrillo o panel de

cartón se recicla un estimado de 1500 toneladas/mes, lo cual provocaría un ahorro de; 39750000 litros de agua, 3000 m<sup>3</sup> de vertedero y una emisión de 1350000 kl de CO<sub>2</sub>.

Además uno de los métodos para dotar de vivienda a personas de escasos recursos, es mediante la prefabricación de elementos de construcción, que pueden lograr una reducción en los costos de materiales, tiempo de construcción y mano de obra. En el Ecuador el campo de los paneles prefabricados y la aplicación del reciclaje es escaso, razón por la cual se buscan métodos de inserción de estos métodos constructivos en la población por medio de las entidades públicas y privadas.

Se presenta una alternativa de mampostería en edificaciones, sin contaminar por procesos de fabricación cumpliendo la promoción de las buenas prácticas ambientales que dicta el ministerio del ambiente.

## 15 RECOMENDACIONES

---

- El análisis bibliográfico debe ser explorado puntualmente en las aplicaciones del cartón reciclado en la arquitectura, ya que este es el paso que llevará a la sociedad a una ciudad que contenga principios de sostenibilidad.
- Con respecto a la categorización, se debe aumentar la valoración de la tabla conteniendo: un índice económico para la fabricación del ladrillo de cartón y tiempos de fabricación. Con esta modificación en la tabla se puede clasificar de mejor manera los prototipos, no solo identificando los más adecuados para la siguiente etapa sino valorando su aplicabilidad mediante términos económicos en la ciudad.
- La construcción del ladrillo de cartón proporcionó el dato más importante de la investigación, su resistencia a la flexión es impresionante, por lo cual, en el tema de aplicaciones se hace indispensable aumentar la resistencia a la compresión y humedad para que esta alternativa ecológica de mampostería tuviese una aplicabilidad en la construcción.
- Se promueve la investigación de sistemas de entramados ligeros con materiales reciclables, los cuales respondan a una necesidad social. En situaciones de desastres se implementan criterios de reutilización, pero fuera de estas emergencias no, por lo cual se recomienda aplicar estas propuestas e introducir en la sociedad la cultura de reciclaje y en el campo de la construcción la implementación de alternativas de elementos que contengan en su composición mayoritaria elementos reciclados.
- La protección del material de cartón es indispensable, se recomienda materiales que impermeabilicen este elemento de construcción, se podría experimentar con; brea, resina, etc.

### **Guía técnica constructiva.**

La fabricación del ladrillo de cartón es una práctica que tiende a ocupar mucho tiempo, por lo cual se desarrolló el Panel de Cartón, cuyo objetivo es obtener más área de ocupación del material, reciclarlo y mejorar las propiedades mecánicas que se presentaron en el ladrillo de cartón, las consideraciones que se aplican en este prototipo se describen a continuación:

- Absorción de la humedad: Para evitar que el agua se filtre al panel, se implementó un enlucido de cemento en una relación 1: 6 según como lo dicta la norma. Se coloca una malla nervometal en el panel para permitir la adherencia con el enlucido.
- Resistencia a la compresión: Considerando el punto anterior, la adherencia de las mezclas y capas para la conformación del enlucido, mejora con el empleo del cemento como

subcapa para la estructura del panel. Este material permitirá mejorar el comportamiento mecánico y resistencia del material propuesto.

- En el acabado final se emplea un empaste y posteriormente se pinta como a una pared normal, así se llega a generar una alternativa de mampostería (ilustración 41).



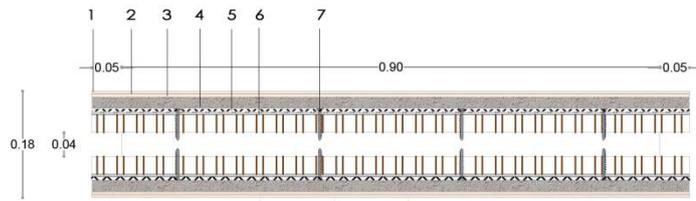
Ilustración 42, Calle S, (2018) Etapas de impermeabilización al ladrillo de cartón, (Imagen).

### Diseño del panel.

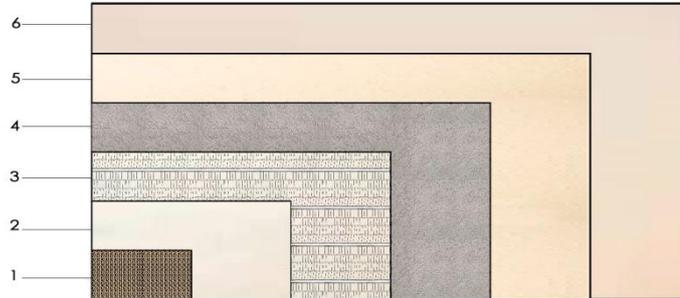
Se propone un panel que contenga la dimensión de 1m x 50cm x 18cm, este panel contendrá los mismos principios de los ladrillos de cartón del cap. 2, con la diferencia de una serie de capas que lo protejan de la humedad y mejoren su resistencia a la compresión. Además se plantea un sistema de anclaje a cualquier tipo de estructura ya sea: columnas metálicas, de hormigón o madera.

En las siguientes ilustraciones se indica la planta y elevación, materialidad del panel de cartón y sus diseños de anclajes, en el cual luego de realizar los mismos trabajos de compresión del cartón y su emporado se complementa con la aplicación de una malla nervometal que es sujeta con tornillos con cabezas avellanadas de madera de 1" , luego de sujetar la malla se procede a la aplicación del enlucido de cemento, el cual tiene un espesor de 2cm, su relación de cantidad es 1parte de cemento: 6 partes de arena, luego de un secado de 48 horas y su continuo curado se procede a colocar el empaste blanco para paredes interiores, su relación es: 18kg de empaste + 2 kg de resina y 7 litros de agua, luego de batir este componente se forma una pasta blanca, la cual es aplicada en el panel y se dispone un espesor de 0.5cm. Luego de 24 horas se procede a pintar el panel.

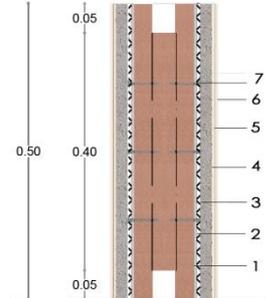
Los procedimientos de fabricación son los mismos que el anterior tema, para este panel se realizaron dos cofres, el primero es el cofre de compactación el cual nos proporciona una compactación de material de 50m a 25cm de altura. Para el anclaje del panel a cualquier estructura de un ambiente, se implementó la adaptación de elementos verticales y horizontales según lo indican las ilustraciones.



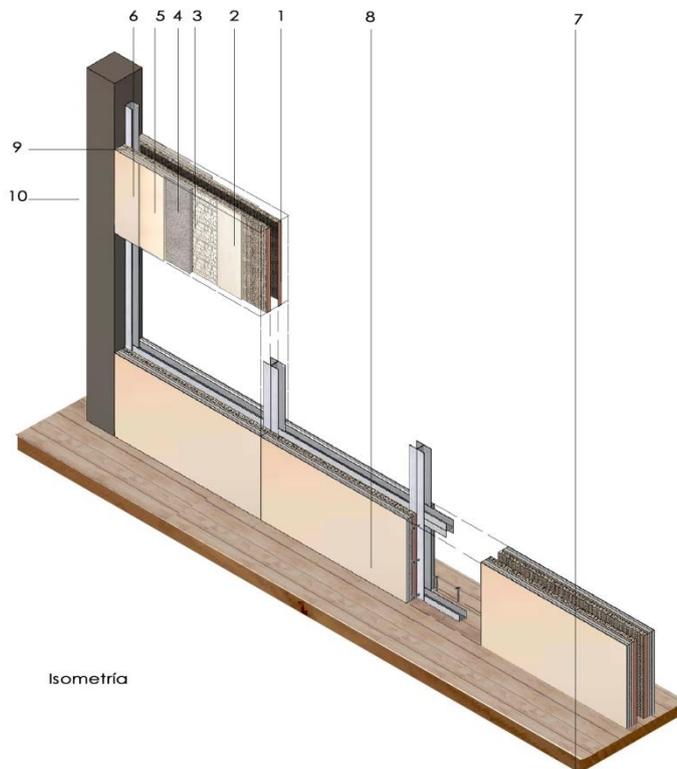
Planta - Esc. 1:10



Elevación frontal - Esc. 1:10



Elevación Lateral - Esc. 1:10



Isometría

1. Cartón
2. Empore
3. Malla nervometal
4. Enlucido de cemento
5. Empaste
6. Pintura
7. Tornillo con cabeza avellanada de madera de 1"
8. Parante horizontal de 4cm x 5cm
9. Parante vertical de 4cm x 5cm
10. Columna de 20 cm x 20cm

Ilustración 43, Calle S, (2018) Panel de cartón, (Imagen).

## Impacto ambiental del panel de cartón.

Para el análisis de impacto ambiental de la presente propuesta se aplicó una valoración de Ponderación-Puntuación como una técnica de Canter valorada en cuatro categorías que actúan entre sí: técnico, económico, ambiental y social. Este análisis se basa en la comparación del uso del ladrillo de arcilla cocida versus el ladrillo de cartón.

A continuación, describimos las categorías que son aplicadas al ladrillo de cartón:

Técnico. – Cumple o no los valores establecidos en la norma del código de práctica ecuatoriano CPE INEN 5, parte 4: 1984, sobre la mampostería de ladrillo.

Económico. – Análisis del valor final del elemento.

Ambiental. – Valora el elemento desde los procesos de fabricación hasta su colocación en una edificación,

Social. – Se identifica si es socialmente aceptado.

La relevancia entre cada factor se mide con 1 como exponente importante y 0 como menos importante. La siguiente tabla indica la relación las interrelaciones entre las categorías.

<b>Tabla 13</b>						
<b>Matriz de importancia del ámbito</b>						
<b>1 POSI-IMPORTANTE</b> <b>0 NEGA-MENOS IMPORTANTES</b>	<b>Técnico</b>	<b>Económico</b>	<b>Ambiental</b>	<b>Social</b>	<b>total</b>	<b>porcentaje</b>
Técnico	1	1	0	1	3	30%
Económico	0	1	0	0	1	10%
Ambiental	1	1	1	1	4	40%
Social	0	1	0	1	2	20%
					10	100%

Elaboración: Autor

Luego de obtener como categoría de mayor importancia a la valoración ambiental con el 40% de todo el análisis, se realiza el estudio de cada categoría, con diferentes parámetros de comportamientos, estos deben obtener la puntuación (porcentaje) que se indica en la tabla anteriormente descrita ya que ese es su rango establecido mediante este análisis. Cada categoría se interrelaciona con cada parámetro para obtener el rango de importancia.

### Valoración de la categoría ambiental.

Se califica a cada parámetro según el rango que tiene en consecuencia con la categoría establecida:

Disminución de impactos ambientales. – Se analiza si la fabricación de los elementos constructivos produce o no impactos ambientales negativos.

Mejora de técnicas de reciclaje. – En los procesos de fabricación del elemento se aplica técnicas de reciclaje.

Cumplimiento de la normativa. – Como su enunciado lo menciona cumple o no los requerimientos que sugiere el Ministerio del Ambiente.

Tecnologías limpias. – estudia si la aplicación de este elemento contamina el ambiente por medio de sus procesos de fabricación.

<b>Tabla 14</b>						
<b>Valoración de ámbito ambiental (40%)</b>						
	<b>Disminución de impactos ambientales</b>	<b>Mejora de técnicas de reciclaje</b>	<b>Cumplimiento de normativa</b>	<b>Tecnologías limpias</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Disminución de impactos ambientales	1	0	1	1	3	12
Mejora de técnicas de reciclaje	1	1	0	0	2	8
Cumplimiento de normativa	0	1	1	1	3	12
Tecnologías limpias	0	1	0	1	2	8
						40

Elaboración: Autor

### **Valoración de la categoría técnica.**

Para esta valoración se tiene en consideración otras variables de análisis que refieran información sobre el elemento constructivo:

Por lo cual se emplea la:

Seguridad. - analiza las resistencias mecánicas de cada elemento, así como su vida útil.

Cumplimiento de la norma. - Como su enunciado lo menciona debe ser fabricado y tener las resistencias que diga la norma.

Métodos de fabricación. - Su estudio radica en la fabricación de cada elemento, analizando las técnicas que se utilizan desde la extracción del material hasta la venta del mismo.

Método constructivo. - se realiza el análisis en la aplicación en construcción de los elementos.

<b>Tabla 15</b>						
<b>Valoración de ámbito técnico (30%)</b>						
	<b>Seguridad</b>	<b>Cumple con Normativa técnica</b>	<b>Método de fabricación</b>	<b>Método constructivo</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Seguridad	1	0	1	1	3	9
Cumple con Normativa técnica	1	1	1	0	3	9
Método de fabricación	0	0	1	1	2	6
Método constructivo	0	1	0	1	2	6
						30

Elaboración: Autor

### **Valoración de la categoría social.**

El ladrillo de cartón al ser un elemento de reutilización como se muestra ante la sociedad como mampostería interna.

Apoyo a los recicladores. - este elemento contribuye al trabajo de los recicladores.

Perspectiva de la población. - Se relacionan como una sociedad que aplica esta técnica.

Identidad. - adopta la técnica como propia y la aplica.

Cultura de reciclaje. - el elemento fomenta a la reutilización.

<b>Tabla 16</b>						
<b>Valoración de social (20%)</b>						
	<b>Apoyo a los recicladores</b>	<b>Perspectiva de la población</b>	<b>Identidad</b>	<b>Cultura de reciclaje</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Apoyo a los recicladores	1	1	1	0	3	6
Perspectiva de la población	0	1	1	0	2	4
Identidad	0	0	1	1	2	4
Cultura de reciclaje	1	1	0	1	3	6
						20

Elaboración: Autor

### Valoración de la categoría económica.

En esta valoración se determina la relación que se dispone entre los procesos de fabricación de cada elemento, con su mano de obra y su costo adicional como los valores externos e indirectos. Esta valoración no contiene un análisis monetario.

Costo. – Valor al mercado de cada elemento

Generación de empleo. – mano de obra para la fabricación de los ladrillos de arcilla cocida.

Costos externos. – Se entiende como costo externo a los accidentes que se producen en la fabricación como sus repercusiones ambientales, e incluye todo lo que supone pago de tasas e impuestos.

Costos indirectos. – se analiza como que se genera de un imprevisto.

<b>Tabla 17</b>						
<b>Valoración de ámbito económico (10%)</b>						
	<b>Costo</b>	<b>Generación de empleo</b>	<b>Costos externos</b>	<b>Costos indirectos</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Costo	1	1	0	0	2	2
Generación de empleo	0	1	1	1	3	3
Costos externos	1	0	1	1	3	3
Costos indirectos	1	0	0	1	2	2
						10

Elaboración: Autor

Una vez realizada el análisis de cada parámetro se realiza una comparación de los resultados obtenidos en las tablas, aplicándolas a cada componente, entre el ladrillo de cartón y el ladrillo de arcilla cocida, se determina valores de calificación como; alto = 3, medio = 2, bajo = 1 y nulo = 0, estos valores son multiplicados directamente con el puntaje parcial de cada parámetro.

Se determina como opción 1 al ladrillo de arcilla cocida y opción 2 al ladrillo de cartón.

<b>Tabla 18</b>					
<b>Componente - Técnico</b>					
<b>Parámetro Componente</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Cumple con Normativa técnica</b>	<b>Método de fabricación</b>	<b>Método constructivo</b>	<b>total</b>
Puntaje Parcial	9	9	6	6	30
Opción 1	2	3	3	3	11
	18	27	18	18	81
Opción 2	3	1	3	3	10
	27	9	18	18	72

Elaboración: Autor

<b>Tabla 19</b>					
<b>Componente - Económico</b>					
<b>Parámetro Componente</b>	<b>Costo</b>	<b>Generación de empleo</b>	<b>Costos externos</b>	<b>Costos indirectos</b>	<b>total</b>
Puntaje Parcial	2	3	3	2	10
Opción 1	3	3	0	0	6
	6	9	0	0	15
Opción 2	1	3	3	3	10
	2	9	9	6	26

Elaboración: Autor

<b>Tabla 20</b>					
<b>Componente - Ambiental</b>					
<b>Parámetro Componente</b>	<b>Disminución de impactos ambientales</b>	<b>Mejora de técnicas de reciclaje</b>	<b>Cumplimiento de normativa</b>	<b>Tecnologías limpias</b>	<b>total</b>
Puntaje Parcial	12	8	12	8	40
Opción 1	0	0	3	0	3
	0	0	36	0	36
Opción 2	3	3	1	1	8
	36	24	12	8	80

Elaboración: Autor

<b>Tabla 21</b>					
<b>Componente - Social</b>					
<b>Parámetro Componente</b>	<b>Apoyo a los recicladores</b>	<b>Perspectiva de la población</b>	<b>Identidad</b>	<b>Cultura de reciclaje</b>	<b>total</b>
Puntaje Parcial	6	4	4	6	20
Opción 1	0	3	3	0	6
	0	12	12	0	24
Opción 2	1	2	0	3	6
	6	8	0	18	32

Elaboración: Autor

Una vez obtenidos los valores totales de cada componente en relación de los ladrillos se realiza una sumatoria la que indica el siguiente resultado:

La opción 1 - ladrillo de arcilla cocida recibió un puntaje de 156 y la opción 2 - ladrillo de cartón obtuvo un puntaje de 210, estas cifras son la cuantificación de importancia ambiental que se realiza en este estudio. Siendo una práctica ambiental positiva la fabricación del ladrillo de de cartón.

El panel de cartón posee las dimensiones de 1 m x 0.50 m x 18cm de espesor, se compone de 416 capas de cartón corrugado reciclado y pesa 0.017 ton. (38,21 libras) lo que nos indica que mediante las cantidades de ahorro que se produce por reciclar cartón; se obtienen 450,50 litros de agua, 0,034 m<sup>3</sup> de vertedero y 15,3 kl de Co<sub>2</sub>. Si realizamos el análisis para una pared modular de 3m x 3m de una vivienda, tentativamente la pared pesaría 0.30 ton por lo que el ahorro es el siguiente; 7950 litros de agua, 0,60 m<sup>3</sup> de vertedero y 270 kl de Co<sub>2</sub>.

Si el proyecto se aplica en el relleno sanitario de la ciudad de Azogues con un estimado de 1500 ton<sup>20</sup>, se podría fabricar alrededor de 24470 paneles de cartón de 1 m x 0.50 m x 18cm de espesor al mes. Siendo una alternativa de construcción y una respuesta a la contaminación ambiental.

<sup>20</sup> La ciudad produce 1560 ton. mensual, por efectos de estudio se debe considerar una reducción de material por lo cual el análisis se basa en 1500 ton

## 16 CONCLUSIONES.

---

- En base del análisis bibliográfico el investigador puede obtener métodos o herramientas para desarrollar su investigación, en este estudio se determinó 4 aglomerantes para los prototipos del ladrillo de cartón, cuyos resultados puede ayudar a fomentar su aplicación en la autoconstrucción.
- Al implementar varias capas de impermeabilización al ladrillo o panel de cartón se genera una protección del elemento contra la humedad, además prolonga la vida útil del elemento de construcción.
- Mediante el presente estudio se puede fomentar a futuras investigaciones para el análisis de sistemas con el reciclaje de los materiales.
- El ahorro de litros de petróleo, espacio en los vertederos de residuos, agua y CO<sub>2</sub> que produce el reciclaje y reutilización del cartón es sumamente importante, al combinar las premisas del ladrillo y cartón se pudo generar una solución ambiental y una alternativa constructiva.

## 17 Anexo 1 – Criterios para el secado al ambiente del ladrillo

Los criterios a tomar en consideración son las siguientes investigaciones:

- **Eco-black Brick.**

Es una iniciativa de los investigadores de MIT TATACENTER , su proyecto se ubica en la India y busca fabricar un ladrillo de una manera sostenible, aplicando la reutilización de materiales, ayudando a reducir del consumo energético producido por la implementación de los procesos de fabricación de un ladrillo de arcilla cocida.

El impacto ambiental que es producido por la fabricación de los ladrillos de arcilla cocida es responsable de un tercio del consumo de carbón de la India (MIT Tata Center, s.f.).

Eco-Blac Brinks es un ladrillo que contiene 70% de ceniza de las calderas industriales provenientes del sector papero, 20% arcilla, 10% de limo e hidróxido de sodio (MIT Tata Center, s.f.), la combinación de estos componentes evita la cocción del ladrillo de arcilla cocida, dejándolo secar a temperatura ambiente.

Al aplicar estos criterios el ladrillo obtiene una coloración oscura, esto se da por la aplicación de cenizas de papel y cartón en el 70% de su componente (Ilustración 20).



Ilustración 44, Santalla L, (2015) Eco-Blac Bricks, (Imagen).

Por lo que el experimento del ladrillo de cartón aplica el hidróxido de sodio como aglomerante.

### **Modificación de las propiedades de las arcillas por medio de aditivos.**

La revista Materiales de construcción del instituto de ciencia de la construcción Eduardo Torroja publicó un artículo sobre la modificación de ciertas propiedades de las arcillas, su estudio se centró en distintas mejoras a los ladrillos de arcilla cocida, a continuación se describen los aglomerantes empleados y la modificación que produce a la arcilla y limos.

Desengrasantes.- se considera las escorias de alto horno y cenizas volantes de central térmica.  
Adición de cloruro de sódico.- mejorar el secado de los ladrillos de arcilla cocida.  
Adición de bióxido de manganeso.- se aplicada frecuentemente en productos para generar un envejecimiento, ciertas aplicaciones en los ladrillos de arcilla cocida causaron una coloración oscura.  
Adicción de caliza molida.- proporciona la disminución de las dilataciones producidas por la humedad y la deformación en la etapa de cocción del material.  
Adicción de cal.- sirve para endurecer la arcilla.

Mediante el análisis de los aditivos expuestos en el ladrillo de cartón se implementa: Cloruro sódico, evita que se generen fisuras en el proceso de secado del ladrillo, las fisuras se dan por la reabsorción de agua de la atmósfera. La información proporcionada de este artículo indica que una adición de cloruro sódico en la cantidad del 6% disminuye sensiblemente y en casos puede suprimir el efecto de las fisuras. La Cal, proporciona la opción de solidificar las masas muy húmedas, la adición es del 3% y su endurecimiento es inferior a 1 minuto y el hidróxido de sodio que muestra el experimento Eco-Black Brick que genera un secado al medio ambiente del ladrillo.

## **18 Anexo 2 – Cálculo de los materiales para cada prototipo del experimento.**

---

Para poder proceder con la mezcla homogénea de todas las materias, se calcula los valores de cada prototipo en función del volumen, en este cálculo se tiene 2 constantes que son; el largo y ancho del prototipo, todo este análisis se basa en determinar qué dimensión debería ser el alto ya que con esta medida se puede obtener el porcentaje exacto que debe tener cada aglomerante (Ilustraciones 23, 24), como ejemplo se expone lo siguiente:

Se dispone de un ladrillo de dimensiones:

$$\text{Largo}=29\text{cm} / \text{Ancho}=9\text{cm} / \text{Alto}=14\text{cm}$$

### **Aglomerante**

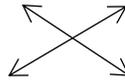
Se debe implementar el 95% de pasta de Harina cocida, por lo cual se realiza el cálculo:

$$\text{Volumen del prototipo} = 29\text{cm} * 9\text{cm} * 14\text{cm}$$

$$\text{Volumen del prototipo} = 3654\text{cm}^3$$

En función del volumen del prototipo se calcula el 5% del aglomerante, aplicando una regla de 3:

$$100\% \text{ Volumen del ladrillo} = 3654\text{cm}^3$$



$$5\% \text{ Volumen del aglomerante} = 182,70\text{cm}^3$$

Con el volumen del aglomerante y sabiendo que las medidas que NO varían de los prototipos son; ancho y largo, se debe calcular la medida faltante. Se realiza una transformación a la fórmula del volumen para este caso:

$$\text{Volúmen del aglomerante} = \text{Alto del aglomerante} * \text{Largo} * \text{Ancho}$$

Se despeja la fórmula y obtenemos:

$$\text{Alto del aglomerante} = \frac{\text{Volúmen del aglomerante}}{\text{Largo} * \text{Ancho (Del ladrillo)}}$$

$$\text{Alto del aglomerante} = \frac{182,70\text{cm}^3}{29\text{cm} * 9\text{cm}}$$

$$\text{Alto del aglomerante} = 0,70\text{cm}$$

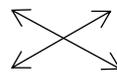
Con el valor del volumen se puede transformar a mililitros para poder realizar la homogenización con los materiales del cartón. En los casos en que se mezcla el cartón por capas, para obtener la cantidad exacta de aglomerante POR CAPA se debe dividir el número de capas totales del prototipo para el aglomerante:

$$\text{Aglomerante por unidad} = \frac{\text{Número total de capas cortadas (Unidad)}}{\text{Aglomerante (ml)}}$$

### **Cartón**

El mismo procedimiento se realiza para la determinación del alto del cartón:

$$100\% \text{ Volumen del ladrillo} = 3654\text{cm}^3$$



$$95\% \text{ Volumen del cartón} = 3471,30\text{cm}^3$$

(Se tiene la misma consideración del largo y ancho para el cartón)

$$\text{Alto del cartón} = \frac{3471,303}{29\text{cm} * 9\text{cm}}$$

$$\text{Alto del cartón} = 13,30$$

Una vez que se obtienen las cantidades de todos los prototipos, se procede con la experimentación.

Las siguientes tablas indican los cálculos descritos anteriormente para cada prototipo de ladrillo de cartón:

**Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).**

<b>Tabla N 22</b>					
<b>Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos)</b>					
<b>N° de prototipo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Cartón</b>	<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cloruro de sodio</b>	<b>Cal</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
1	68,89%	31,11%	-	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / cm</b>	<b>Ancho / cm</b>	<b>Largo / cm</b>	<b>Volumen / cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>6,20</b>	19,00	39,00	<b>2,80</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / cm3</b>	<b>4594,20</b>		<b>Volumen / cm3</b>	<b>2074,80</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml
100,00%	=	6669,00	100,00%	=	6669,00
68,89%	=	4594,20	31,11%	=	2074,80

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 23</b>					
<b>Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).</b>					
<b>N° de prototipo</b>	Arcilla	Cartón	Hidróxido de sodio	Cloruro de sodio	Cal
	%	%	%	%	%
2	58,89%	31,11%	10,00%	-	-
Volumen del ladrillo de cartón		Alto / Cm 9,00	Ancho / Cm 19,00	Largo / Cm 39,00	Volumen / Cm3 6669,00
Volumen de la Arcilla			Volumen del cartón		
Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm
5,30	19,00	39,00	2,80	19,00	39,00
Volumen / Cm3	3927,30		Volumen / Cm3	2074,80	
Volumen del hidróxido de sodio					
Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm			
0,90	19,00	39,00			
Volumen / Cm3	666,90				
Relación en porcentaje					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
Relación de la arcilla			Relación del cartón		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
58,89%	=	3927,30	31,11%	=	2074,80
Relación del hidróxido de sodio					
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml			
100%	=	6669,00			
10,00%	=	666,90			

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 24</b>					
<b>Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).</b>					
<b>N° de prototipo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Cartón</b>	<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cloruro de sodio</b>	<b>Cal</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
3	48,89%	31,11%	10,00%	10,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>4,40</b>	19,00	39,00	<b>2,80</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>3260,40</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>2074,80</b>	
<b>Volumen del hidróxido de sodio</b>			<b>Volumen del cloruro de sodio</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>0,90</b>	19,00	39,00	<b>0,90</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>666,90</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>666,90</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>48,89%</b>	=	3260,40	<b>31,11%</b>	=	2074,80
<b>Relación del hidróxido de sodio</b>			<b>Relación del cloruro de sodio</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>10,00%</b>	=	666,90	<b>10,00%</b>	=	666,90

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 25</b>					
<b>Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).</b>					
<b>N° de prototipo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Cartón</b>	<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cloruro de sodio</b>	<b>Cal</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
4	58,89%	31,11%	5,00%	5,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>5,30</b>	19,00	39,00	<b>2,80</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>3927,30</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>2074,80</b>	
<b>Volumen del hidróxido de sodio</b>			<b>Volumen del cloruro de sodio</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>0,45</b>	19,00	39,00	<b>0,45</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>333,45</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>333,45</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>58,89%</b>	=	3927,30	<b>31,11%</b>	=	2074,80
<b>Relación del hidróxido de sodio</b>			<b>Relación del cloruro de sodio</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>5,00%</b>	=	333,45	<b>5,00%</b>	=	333,45

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 26</b>					
<b>Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).</b>					
<b>N° de prototipo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Cartón</b>	<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cloruro de sodio</b>	<b>Cal</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
5	53,89%	31,11%	5,00%	10,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>4,85</b>	19,00	39,00	<b>2,80</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>3593,85</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>2074,80</b>	
<b>Volumen del hidróxido de sodio</b>			<b>Volumen del cloruro de sodio</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>0,45</b>	19,00	39,00	<b>0,90</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>333,45</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>666,90</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>53,89%</b>	=	3593,85	<b>31,11%</b>	=	2074,80
<b>Relación del hidróxido de sodio</b>			<b>Relación del cloruro de sodio</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>5,00%</b>	=	333,45	<b>10,00%</b>	=	666,90

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

Tabla N27					
Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).					
N° de prototipo	Arcilla	Cartón	Hidróxido de sodio	Cloruro de sodio	Cal
	%	%	%	%	%
6	58,89%	31,11%	-	-	10,00%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>					
		Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Volumen / Cm3
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm
<b>5,30</b>	19,00	39,00	<b>2,80</b>	19,00	39,00
Volumen / Cm3	<b>3927,30</b>		Volumen / Cm3	<b>2074,80</b>	
<b>Volumen de la cal</b>					
Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm			
<b>0,90</b>	19,00	39,00			
Volumen / Cm3	<b>666,90</b>				
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>58,89%</b>	=	3927,30	<b>31,11%</b>	=	2074,80
<b>Relación de la cal</b>					
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml			
100%	=	6669,00			
<b>10,00%</b>	=	666,90			

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 28</b>					
<b>Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).</b>					
<b>N° de prototipo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Cartón</b>	<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cloruro de sodio</b>	<b>Cal</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
7	48,89%	31,11%	-	10,00%	10,00%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>4,40</b>	19,00	39,00	<b>2,80</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>3260,40</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>2074,80</b>	
<b>Volumen del cloruro de sodio</b>			<b>Volumen de la cal</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>0,90</b>	19,00	39,00	<b>0,90</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>666,90</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>666,90</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>48,89%</b>	=	3260,40	<b>31,11%</b>	=	2074,80
<b>Relación del cloruro de sodio</b>			<b>Relación de la cal</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>10,00%</b>	=	666,90	<b>10,00%</b>	=	666,90

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 29</b>					
<b>Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).</b>					
<b>N° de prototipo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Cartón</b>	<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cloruro de sodio</b>	<b>Cal</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
8	58,89%	31,11%	-	5,00%	5,00%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
5,30	19,00	39,00	2,80	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>3927,30</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>2074,80</b>	
<b>Volumen del cloruro de sodio</b>			<b>Volumen de la cal</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
0,45	19,00	39,00	0,45	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>333,45</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>333,45</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>58,89%</b>	=	3927,30	<b>31,11%</b>	=	2074,80
<b>Relación del cloruro de sodio</b>			<b>Relación de la cal</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>5,00%</b>	=	333,45	<b>5,00%</b>	=	333,45

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 30</b>					
<b>Modelo 1 – Cartón + (Arcilla + Aditivos).</b>					
<b>N° de prototipo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Cartón</b>	<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cloruro de sodio</b>	<b>Cal</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
9	53,89%	31,11%	-	5,00%	10,00%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>4,85</b>	19,00	39,00	<b>2,80</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>3593,85</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>2074,80</b>	
<b>Volumen del cloruro de sodio</b>			<b>Volumen de la cal</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>0,45</b>	19,00	39,00	<b>0,90</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>333,45</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>666,90</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>53,89%</b>	=	3593,85	<b>31,11%</b>	=	2074,80
<b>Relación del cloruro de sodio</b>			<b>Relación de la cal</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>5,00%</b>	=	333,45	<b>10,00%</b>	=	666,90

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 31</b>					
<b>Mescla - prototipo 1 - N°10</b>					
<b>N° de prototipo</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Cartón</b>	<b>Hidróxido de sodio</b>	<b>Cloruro de sodio</b>	<b>Cal</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
10	70,00%	15,00%	-	-	15%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>6,30</b>	19,00	39,00	<b>1,35</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>4668,30</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>1000,35</b>	
<b>Volumen de la cal</b>					
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>			
<b>1,35</b>	19,00	39,00			
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>1000,35</b>				
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>70,00%</b>	=	4668,30	<b>15,00%</b>	=	1000,35
<b>Relación de la cal</b>					
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml			
100%	=	6669,00			
<b>15,00%</b>	=	1000,35			

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

Tabla N 32					
Mescla - prototipo 1 - N°11					
N° de prototipo	Arcilla	Cartón	Hidróxido de sodio	Cloruro de sodio	Cal
	%	%	%	%	%
11	55,00%	10,00%	-	15%	20%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>4,95</b>	19,00	39,00	<b>0,90</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>3667,95</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>666,90</b>	
<b>Volumen del Cloruro de sodio</b>			<b>Volumen de la cal</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>1,35</b>	19,00	39,00	<b>1,80</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>1000,35</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>1333,80</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>55,00%</b>	=	3667,95	<b>10,00%</b>	=	666,90
<b>Relación del Cloruro de sodio</b>			<b>Relación de la cal</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>15,00%</b>	=	1000,35	<b>20,00%</b>	=	1333,80

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

Tabla N 33					
Mescla - prototipo 1 - N°11					
N° de prototipo	Arcilla	Cartón	Hidróxido de sodio	Cloruro de sodio	Cal
	%	%	%	%	%
12	55,00%	10,00%	-	15%	20%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		9,00	19,00	39,00	6669,00
<b>Volumen de la Arcilla</b>			<b>Volumen del cartón</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>4,95</b>	19,00	39,00	<b>0,90</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>3667,95</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>666,90</b>	
<b>Volumen del Cloruro de sodio</b>			<b>Volumen de la cal</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>1,35</b>	19,00	39,00	<b>1,80</b>	19,00	39,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>1000,35</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>1333,80</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	6669,00
<b>Relación de la arcilla</b>			<b>Relación del cartón</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>55,00%</b>	=	3667,95	<b>10,00%</b>	=	666,90
<b>Relación del Cloruro de sodio</b>			<b>Relación de la cal</b>		
Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml	Porcentaje del volumen del cubo		cm3 / ml
100%	=	6669,00	100%	=	6669,00
<b>15,00%</b>	=	1000,35	<b>20,00%</b>	=	1333,80

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

## Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.

<b>Tabla N 34</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
13	70,00%	30,00%	-	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>7,00</b>	10,00	10,00	<b>3,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>700,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>300,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 35</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
14	80,00%	20,00%	-	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>8,00</b>	10,00	10,00	<b>2,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>800,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>200,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 36</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
15	95,00%	5,00%	-	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>9,50</b>	10,00	10,00	<b>0,50</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>950,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>50,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 37</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
16	70,00%	-	30,00%	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>7,00</b>	10,00	10,00	<b>3,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>700,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>300,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 38</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
17	80,00%	-	20,00%	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
8,00	10,00	10,00	2,00	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>800,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>200,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 39</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
18	95,00%	-	5,00%	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
9,50	10,00	10,00	0,50	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>950,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>50,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 40</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
19	70,00%	-	-	30,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>7,00</b>	10,00	10,00	<b>3,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>700,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>300,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 41</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
20	80,00%	-	-	20,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>8,00</b>	10,00	10,00	<b>2,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>800,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>200,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 42</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
21	95,00%	-	-	5,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>9,50</b>	10,00	10,00	<b>0,50</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>950,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>50,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 43</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
22	70,00%	-	-	-	30,00%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>7,00</b>	10,00	10,00	<b>3,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>700,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>300,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 44</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
23	80,00%	-	-	-	20,00%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>8,00</b>	10,00	10,00	<b>2,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>800,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>200,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 45</b>					
<b>Modelo 2 – Capas de Cartón + Aglomerantes.</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
24	95,00%	-	-	-	5,00%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>9,50</b>	10,00	10,00	<b>0,50</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>950,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>50,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

### Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)

Tabla N 46					
Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
25	70,00%	30,00%	-	-	-
Volumen del ladrillo de cartón		Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Volumen / Cm3
		10,00	10,00	10,00	1000,00
Volumen del cartón			Volumen del Poliacetato de Vinilo		
Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm
7,00	10,00	10,00	3,00	10,00	10,00
Volumen / Cm3	700,00		Volumen / Cm3	300,00	
Relación en porcentaje					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

Tabla N 47					
Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
26	80,00%	20,00%	-	-	-
Volumen del ladrillo de cartón		Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Volumen / Cm3
		10,00	10,00	10,00	1000,00
Volumen del cartón			Volumen del Poliacetato de Vinilo		
Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm
8,00	10,00	10,00	2,00	10,00	10,00
Volumen / Cm3	800,00		Volumen / Cm3	200,00	
Relación en porcentaje					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 48</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
27	95,00%	5,00%	-	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>9,50</b>	10,00	10,00	<b>0,50</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>950,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>50,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 49</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
28	70,00%	-	30,00%	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>7,00</b>	10,00	10,00	<b>3,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>700,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>300,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor

Fuente: Autor

<b>Tabla N 50</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
29	80,00%	-	20,00%	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>8,00</b>	10,00	10,00	<b>2,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>800,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>200,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 51</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
30	95,00%	-	5,00%	-	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>9,50</b>	10,00	10,00	<b>0,50</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>950,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>50,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 52</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
31	70,00%	-	-	30,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
7,00	10,00	10,00	3,00	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>700,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>300,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 53</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
32	80,00%	-	-	20,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
8,00	10,00	10,00	2,00	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>800,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>200,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 54</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
33	95,00%	-	-	5,00%	-
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>9,50</b>	10,00	10,00	<b>0,50</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>950,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>50,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 55</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
34	70,00%	-	-	-	30,00%
<b>Volumen del ladrillo de cartón</b>		<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Volumen / Cm3</b>
		10,00	10,00	10,00	1000,00
<b>Volumen del cartón</b>			<b>Volumen del Poliacetato de Vinilo</b>		
<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>	<b>Alto / Cm</b>	<b>Ancho / Cm</b>	<b>Largo / Cm</b>
<b>7,00</b>	10,00	10,00	<b>3,00</b>	10,00	10,00
<b>Volumen / Cm3</b>	<b>700,00</b>		<b>Volumen / Cm3</b>	<b>300,00</b>	
<b>Relación en porcentaje</b>					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 56</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
35	80,00%	-	-	-	20,00%
Volumen del ladrillo de cartón		Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Volumen / Cm3
		10,00	10,00	10,00	1000,00
Volumen del cartón			Volumen del Poliacetato de Vinilo		
Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm
8,00	10,00	10,00	2,00	10,00	10,00
Volumen / Cm3	800,00		Volumen / Cm3	200,00	
Relación en porcentaje					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

<b>Tabla N 57</b>					
<b>Modelo 3 – Cartón triturado + (plásticos pet con Aglomerantes)</b>					
N° de prototipo	Cartón	Pasta de harina cocida	Poliacetato de Vinilo	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,7 de agua)	Cemento + aditivos - Módulo 1 (0,9 de agua)
	%	%	%	%	%
36	95,00%	-	-	-	5,00%
Volumen del ladrillo de cartón		Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Volumen / Cm3
		10,00	10,00	10,00	1000,00
Volumen del cartón			Volumen del Poliacetato de Vinilo		
Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm	Alto / Cm	Ancho / Cm	Largo / Cm
9,50	10,00	10,00	0,50	10,00	10,00
Volumen / Cm3	950,00		Volumen / Cm3	50,00	
Relación en porcentaje					
El 100% de Volumen del ladrillo de cartón				=	1000,00

Elaboración: Autor  
Fuente: Autor

## 19 Anexo 3 – Normativa aplicada

A continuación se describen los códigos y requisitos para poder fabricar un ladrillo de arcilla cocida:

- **Código CPE INEN 5, parte 4: 1984 – Mampostería de ladrillo.**

El código comprende la mampostería de ladrillo de arcilla cocida soportante como soportada por estructuras, para el experimento se aplica la mampostería soportada por estructuras, lo cual direcciona las condiciones generales y requisitos de los ladrillos a los códigos NTE INEN 293 y 927.

En la consideración de diseño se opta por la clasificación de la siguiente tabla:

<b>Tabla 58</b>				
<b>Selección de ladrillos para construcción</b>				
No.	SITUACIÓN DE USO	TIPO DE LADRILLO APROPIADO	CONSIDERACIONES ESPECIALES	OBSERVACIONES
1	Acabado de fachada	Tipos A y B (Ver NTE INEN 297)	Los ladrillos deben estar libres de defectos mayores, como desconchados de aristas y esquinas. Si es necesario, deben especificarse color y textura.	
2	a) Muro sujeto a cargas muy pesadas b) con alta resistencia a la penetración de agua	Tipo A (Ver NTE INEN 297)		
3	a) Plintos o fundaciones provisionales en contacto con el suelo, siempre que este se encuentre bien drenado y libre de agua. b) Hiladas inferiores de mampostería hasta 50 cm de altura sobre el nivel natural del suelo, en caso de suelo muy húmedo.	Tipos A y B (Ver NTE INEN 297)	Los ladrillos deben estar libres de eflorescencia. Tampoco deben contener sales que puedan afectar al mortero. Deben tener la mayor densidad y la mínima absorción de agua.	
4	a) Muros exteriores no enlucidos ni revestidos	Tipos A y D (Ver NTE INEN 297)	Los ladrillos deben ser de preferencia de	Las juntas expuestas deben revocarse con un

	en la cara exterior; b) muros exteriores acabados en ambos lados con un enlucido hidrófugo.	297) Tipos A, B, C, D (Ver NTE INEN 297)	color uniforme.	mortero denso hidrófugo. Para muros expuestos a clima demasiado lluvioso deben utilizarse solamente ladrillos tipo A y B.
5	<b>Muros interiores</b>	<b>Tipos B, C, D, E (Ver NTE INEN 297)</b>		<b>Debe cuidarse que el tipo de ladrillo escogido satisfaga los requisitos de resistencia de los muros (NTE INEN 297). Para muros en contacto frecuente con el agua, como en cuartos de baño, deben usarse solamente ladrillos tipos B, D, y E.</b>
6	Muros aislados y parapetos.	Tipos A y B (Ver NTE INEN 297)		Debe usarse un mortero denso hidrófugo para la mampostería. Los parapetos deben acabarse en ambos lados con un enlucido hidrófugo.

Elaborado: INEN CPE INEN 5, parte 4: 1984 – Mampostería de ladrillo.

Fuente: INEN CPE INEN 5, parte 4: 1984 – Mampostería de ladrillo.

Luego de analizar la tabla n°57 se obtiene como clasificación ideal para el ladrillo de cartón el numeral 5 sobre los muros interiores optando por la clasificación C.

• **NTE INEN 293:1977 – Ladrillos cerámicos. Definiciones. Clasificación y condiciones generales.**

La norma expone en su numeral 4.3 sobre las dimensiones y tolerancias, establece que se aplicara la norma INEN 317 sobre la coordinación modular, también indica las dimensiones de los ladrillos cerámicos, según como lo indica la tabla 58.

<b>Dimensiones de ladrillos cerámicos</b>			
<b>Tipo de ladrillo</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>
<b>Común de máquina</b>	39	19	9
	29	19	9
	29	14	9
<b>Reprensado</b>	29	19	9
	29	14	9
<b>Hueco</b>	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

Elaborado: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 297:1977 - Ladrillos Cerámicos. Requisito.

Fuente: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 297:1977 - Ladrillos Cerámicos. Requisitos

En la etapa final del experimento se llevará a cabo la fabricación del ladrillo con las medidas de 29cm, 14cm y 9cm según lo indica en tipo de ladrillo re prensado en su segunda clasificación.

- **NTE INEN 317 - Coordinación modular de la construcción. Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos.**

Se establece las dimensiones modulares de los ladrillos cerámicos, los cuales pueden ser fabricados en máquina o hechos a mano.

Al momento de fabricar un ladrillo se debe aplicar la siguiente relación:  $L = 2a + s$ ; siendo L= Largo, a= ancho y s= junta.

- **NTE INEN 297:1977 - Ladrillos cerámicos. Requisitos.**

Se establece la clasificación de los ladrillos cerámicos en macizos y huecos, según esta clasificación existe una subclasificación de ladrillos. Comprendiendo a los macizos en los tipos A, B y C, por su parte los huecos contemplan a los tipos; D, E y F.

Tabla 60		
Características fundamentales de ladrillos cerámicos.		
Ladrillo	Tipo	Característica
Cerámico	A	Color rojo uniforme, con ángulos rectos y aristas rectas. No tendrá manchas, eflorescencias, quemados ni desconchados aparentes en las caras y aristas
	B	Será ladrillo de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, a diferencia del tipo A puede tener pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 5 mm.
	C	<b>Será semejante al tipo B, diferenciándose de él en que puede, además, ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8 mm.</b>
Hueco, son ladrillos de máquina, color rojizo con ángulos rectos y aristas rectas.	D	Podrá emplearse en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado.
	E	Podrá emplearse únicamente en la construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
	F	Podrá emplearse únicamente en el relleno de losas alivianadas de hormigón armado.

Elaboración: Autor

Fuente: Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 297:1977 - Ladrillos cerámicos. Requisitos

Las consideraciones en las que el experimento se debe regir son del tipo C, el cual estipula que el ladrillo debe poseer ángulos rectos y aristas rectas, con imperfecciones en sus caras exteriores y variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8mm.

Se considera la siguiente tabla en relación con los requisitos de resistencia y humedad de los tipos mencionados anteriormente.

<b>Tabla 61</b> <b>Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.</b>			
Tipo de Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión Mpa	Resistencia mínima a la flexión Mpa	Absorción máxima de humedad %
	Unidad	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
Tipo C	6	2	25
Método de ensayo	INEN 294	INEN 295	INEN 296

Elaboración: Autor

Fuente: NTE INEN 297:1977 - Ladrillos cerámicos. Requisitos.

La norma presente delega a la norma INEN 292, para la selección de muestras.

• **NTE INEN 292 – Ladrillos cerámicos. Muestreo.**

Las muestras que se realizan sobre los lotes de ladrillos son del tipo; aleatoria<sup>21</sup>, estratificada<sup>22</sup> o sistémica<sup>23</sup>. El experimento tomará en consideración esta norma por efectos de similitud entre el cartón y arcilla.

Al realizar las marcas sobre los especímenes se debe tener en cuenta que no deben ocupar más del 5% de la superficie de la muestra.

Los criterios que a continuación se enuncian para la aceptación o rechazo de lotes son citados de la norma NTE INEN 292, la cual determina que:

Cuando el número de unidades defectuosas de la muestra sea igual al número de aceptación Ac1 de la tabla 5, el lote en cuestión será aceptado.

Cuando el número de unidades defectuosas de la muestra sea mayor o igual que el número de rechazo Re1 de la tabla 5, el lote será rechazado.

Cuando el número de unidades defectuosas de la muestra se halle entre el número de aceptación Ac1 y el número de rechazo Re1, se tomará una segunda muestra del mismo tamaño que la inicial y se realizarán aquellas pruebas en las que, al ensayarse la primera muestra, se hayan presentado ladrillos defectuosos.

Las unidades defectuosas encontradas en la muestra inicial y en la segunda de reensayo deberán sumarse.

<sup>21</sup> Se lo realiza cuando cada elemento del lote tiene la misma probabilidad de ser representado en la muestra. (Servicio Ecuatoriana de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INENE 292, 2015)

<sup>22</sup> El lote puede ser dividido en cierto número de grupos o estratos, obteniendo de cada uno de ellos una muestra separada. (Servicio Ecuatoriana de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INENE 292, 2015)

<sup>23</sup> Se aplica cuando los componentes del lote se presentan en una forma ordenada, simplificándose el muestreo al escoger sus unidades a intervalos regulares hasta completare la muestra especificada (Servicio Ecuatoriana de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INENE 292, 2015)

Si el número total de unidades defectuosas es igual o menor que el número de aceptación Ac2, el lote en cuestión será aceptado.

Si el número total de unidades defectuosas es mayor o igual que el número de rechazo Re2, se rechazará el lote.

<b>Tabla 62</b>					
<b>Criterios de aceptación y rechazo de los lotes de inspección</b>					
<b>Tamaño del lote</b>	<b>Unidades de muestreo</b>	<b>Ac1</b>	<b>Re1</b>	<b>Ac2</b>	<b>Re2</b>
Hasta 35000	5	0	2	1	2
Mayor de 35000	8	0	3	3	4

Elaboración: NTE INEN 292 – Ladrillo cerámico. Muestreo. 2015

Fuente: NTE INEN 292 – Ladrillo cerámico. Muestreo. 2015

Se debe realizar un acta de muestreo que contemple los siguientes requisitos:

- a) número de la presente NTE INEN de muestreo,
- b) lugar de procedencia de los ladrillos de las muestras,
- c) lugar de toma de las muestras,
- d) identificación del lote,
- e) número de muestras formadas,
- f) observaciones que se consideren necesarias,
- g) nombres y firmas de las partes interesadas,
- h) tipos de ladrillos y marcas comerciales,
- i) fecha de muestreo.

• **INEN 294 – Determinación de la resistencia a la compresión.**

La aplicación de esta norma constituye la aplicación de una carga progresiva de compresión a una muestra de ladrillo, hasta llegar a su resistencia máxima tolerable.

Para realizar la prueba de laboratorio se debe colocar el ladrillo de la misma manera que se colocaría en la mampostería, es decir de la misma manera que va a recibir la carga, el método es el siguiente:

**Instrumentos.**- se aplica una máquina de compresión que contenga un plato de rotula de segmento esférico, advirtiéndose que los apoyos sean igual o mayores a las muestras de experimentación.

**Preparación de muestras.**- las muestras a utilizar consisten en mitades de ladrillos con las caras planas y paralelas, obtenidas de cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables, divididos mediante herramientas adecuadas, para evitar que se deterioren las aristas.

**Procedimiento.**- Las muestras a utilizar se colocan en el centro de la máquina, verificando que esté alineada a su eje con la rótula.

**Cálculos.**- la fórmula a emplear es la siguiente:

$$C = P/A$$

Dónde:

C = Resistencia a la compresión, su unidad es Megapascuales.

P = Carga de rotula, su unidad es Newtones

A = Área de la sección, su unidad es el milímetro cuadrado (Siendo el área = Ancho de la muestra por largo de la muestra en milímetros).

Expresión de los resultados.- El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la compresión del lote de ladrillo de arcilla cocidas sometido al ensayo.

- **NTE INEN 295:1977 Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión.**

El procedimiento a seguir constituye la aplicación de una carga progresiva de flexión a una muestra de ladrillo, hasta llegar a su resistencia máxima tolerable. El método es el siguiente:

**Instrumento.**- Se utiliza una máquina para realizar ensayos de flexión, siempre que los apoyos disponga un a longitud igual al ancho de la muestra de prueba.

**Preparación de las muestras.**- las muestras consisten en cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables.

**Procedimiento.**- se coloca la muestra con su cara mayor sobre los apoyos, asegurando una separación de 15cm entre estos, luego se aplica la fuerza en el centro de la cara del ladrillo. La velocidad de aplicación de la carga será de 1,5mm por minuto.

**Cálculo.**- Se realiza el cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$R = 300 G / 2bd^2$$

Dónde:

R= Módulo de rotura, su unidad es Megapascuales.

G= Carga de rótula, su unidad es Newtones.

L= Distancia entre apoyos, su unidad es milímetros.

B= Ancho de cara a cara de la muestra, su unidad es milímetros.

D= promedio del espesor de cara a cara de la muestra; su unidad es milímetros.

**Expresión de los resultados.**- El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la flexión del lote de ladrillo sometido al ensayo.

- **NTE INEN 296 - Ladrillos cerámicos. Determinación de absorción de humedad.**

El procedimiento constituye la determinación de las masas de una muestra de ladrillo antes y después de ser sumergida en agua, estableciendo una diferencia entre las dos masas como base para conocer el valor de la absorción de la humedad, el procedimiento a seguir se describe a continuación:

**Equipo.**- se implementa una balanza con una capacidad mínima de 5kg y con una escala que permita lecturas de hasta 0,5 gramos.

Conjuntamente con una estufa de desecación regulada a una temperatura de 110°C.

**Preparación de muestras.**- La muestra a ensayar consistirá en el número de ladrillo de acuerdo a la tabla 1 de la NTE INEN 292, que se desecarán en estufa a 110 °C hasta obtener una masa

constante. Luego, se enfriarán a la temperatura ambiente y se volverán a pesar. Si se observa un aumento de masa mayor del 1 %, se repetirá la operación.

**Procedimiento.**- Una vez preparada la muestra y registrada su masa constante, se sumergen en agua destilada a una temperatura de 15°C a 30°C durante 24 horas. Una vez extraídas las muestras se retira el exceso de agua con una toalla húmeda y se procede a pesar las muestras.

**Cálculo.**- se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción \%} = (P2 - P1 / P1) \times 100$$

Dónde:

P1 = Masa de la muestra desecada.

P2 = Masa de la muestra después de 24 horas de haber estado sumergida.

**Expresión de los resultados.**- El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la humedad relativa del lote del ladrillo sometido al ensayo.

## 20 BIBLIOGRAFÍA

---

- ACCCSA. (2018). Métodos e instrumentos de prueba para el cartón corrugado. *Corrugando, revista de la asociación de corrugadores del Caribe, Centro y Suramérica*, 50-54.
- Acrílicos Acrilux S.A. (30 de Enero de 2017). *Acrílicos Acrilux*. Obtenido de Acrílicos Acrilux: <http://www.acrilux.com.ec/files/QUEESELACRILICO.pdf>
- Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. (s.f.). *Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades*. Obtenido de Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts178.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts178.html)
- Airless Discounter. (30 de Enero de 2017). *Airless Discounter*. Obtenido de Airless Discounter: <https://www.airless-discounter.de/noticias/pintura-intumescente-ignifuga/>
- Bunge, M. (2014). *La ciencia. Su método y su filosofía*. LAETOLI.
- Cárdenas, B., & Márquez, C. (Septiembre de 2011). *Programa de eficiencia energética en ladrillera artesanales de américa latina para mitigar el cambio climático - EELA*. Obtenido de <http://www.redladrilleras.net/assets/files/36384a7203344e5defea4a4607ffc76c.pdf>
- Carrau, M. J., Ibáñez, O., & Rey, P. (s.f.). *Gabinete de Didáctica del Jardín Botánico de la Universitat de València*. Obtenido de Gabinete de Didáctica del Jardín Botánico de la Universitat de València: [https://metode.cat/wp-content/uploads/2012/11/75ESP\\_120\\_121\\_jardin.pdf](https://metode.cat/wp-content/uploads/2012/11/75ESP_120_121_jardin.pdf)
- Cartonaje S.L. (18 de Mayo de 2017). *CartonajeS.L.* . Obtenido de Cartonaje S.L.: <http://www.lfgcartonaje.com/blog/item/30-historia-del-carton-cuando-se-invento-la-caja-de-carton-para-packaging>
- Castrillo, A. (Mayo de 2004). *Universidad de San Carlos de Guatemala* . Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1202\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1202_IN.pdf)
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Quito.
- Cordero, T., & Rodríguez, J. (2008). *Catalizadores para la protección del medio ambiente*. Obtenido de Universidad Internacional de Andalucía.: [https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2521/07cordero\\_rodriguez.pdf?sequence=1](https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2521/07cordero_rodriguez.pdf?sequence=1)
- Discovery Chaneel. (s.f.). *Discovery Chaneel - Asi se hace*. Obtenido de Discovery Chaneel - Asi se hace: [http://www.cartopel.com/portal/f?p=102:12:::::P0\\_V\\_ID\\_IDIOMA\\_NR,P0\\_V\\_ID\\_PAGINA\\_NR,P0\\_V\\_ID\\_MENU\\_NR,P12\\_V\\_RST\\_YN:1,98,162,1](http://www.cartopel.com/portal/f?p=102:12:::::P0_V_ID_IDIOMA_NR,P0_V_ID_PAGINA_NR,P0_V_ID_MENU_NR,P12_V_RST_YN:1,98,162,1)
- El telégrafo. (30 de Marzo de 2014). La fabricación de ladrillos, un oficio reñido con el ambiente. *El telégrafo*.
- Fabricartón. (s.f.). *Fabricartón*. Obtenido de Fabricartón: <http://www.fabricarton.com/noticias/47-un-poco-de-historia-sobre-el-carton>
- Ferraresi, F., Soriano, A., García Montoya, T., Gámez Moreira, E., & Ubarri, I. (2015). *issu*. Obtenido de issu: [https://issuu.com/cafcco/docs/binder1\\_926ade25957139](https://issuu.com/cafcco/docs/binder1_926ade25957139)
- Gordon, K. (11 de Agosto de 2011). *Plataforma arquitectura*. Obtenido de Plataforma arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-102431/en-construccion-noticias-estructura-de-carton-reemplazara-catedral-destruida-tras-terremoto-de-nueva-zelanda>
- hanley wood, llc. (23 de Marzo de 2014). *ARCHITEC*. Obtenido de ARCHITEC: <http://www.architectmagazine.com/project-gallery/paper-log-house-india>
- Helbling, T. (2010). ¿Qué son las externalidades? *FINANZAS & DESARROLLO \_ Vuelta a lo esencial*, 48-49.

- INEC. (2010). *INEC- Sistema integrado de consultas*. Obtenido de INEC- Sistema integrado de consultas:  
<http://redatam.inec.gob.ec/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010&MAIN=WebServerMain.inl>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (1976). *Norma técnica ecuatoriana INEN 294 - Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la compresión*. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- Instituto ecuatoriano de normalización. (1976). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 295:1977 - Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión*. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2014). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 293:1977 - Ladrillos cerámicos. Definiciones. Clasificaciones y condiciones generales*. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2014). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 297:1977 - Ladrillos cerámicos. Requisitos*. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2014). *Norma técnica ecuatoriana - NTE INEN 317 - Coordinación modular de la construcción. Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos*. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2015). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 292 - Ladrillos cerámicos. Muestreo*. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2015). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 296 - Ladrillos cerámicos. Determinación de absorción de humedad*. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- Instituto ecuatoriano de normalización. (1984). *Código de práctica ecuatoriano - CPE INEN 5 Parte 4:1984 - Código Ecuatoriano de la construcción. Mampostería de ladrillo*. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización.
- Inventario nacional de emisiones de México. (Septiembre de 2011). *Inventario nacional de emisiones de México*. Obtenido de Inventario nacional de emisiones de México:  
[http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcneca/2011\\_informe\\_gei\\_ladrilleras\\_refugio.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcneca/2011_informe_gei_ladrilleras_refugio.pdf)
- Lopez, D. (2016). Evaluación de impacto ambiental de la minería artesanal de arcilla en Riohacha, La Guajira. *Ciencia e Ingeniería*, 46-53.
- López, D. E. (2001). Materiales compuestos. Aplicaciones. *Informes de la Construcción*, Vol n°52 471, 45-52.
- Martínez Sartorius, I. (Junio de 2009). *Repositorio digital de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - UNidad Profesional Azcapotzalco*. Obtenido de Repositorio digital de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - UNidad Profesional Azcapotzalco:  
<http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3988/CARTONCORRUGADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, Á. (8 de Noviembre de 2016). *Twenergy*. Obtenido de Twenergy:  
<https://twenergy.com/a/blac-bricks-ladrillos-para-una-construccion-sostenible-2404>
- Mercader, M., Ramírez, A., & Olivares, M. (2012). Modelo de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. *Informes de la Construcción*, 113 - 118.
- Ministerio del ambiente. (2010). *Acuerdo ministerial 131*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *PUNTO VERDE*. Obtenido de PUNTO VERDE:  
<http://www.ambiente.gob.ec/punto-verde/>
- MIT Tata Center. (s.f.). *MIT Tata Center*. Obtenido de MIT Tata Center:  
<https://tatacenter.mit.edu/portfolio/masonry-from-industrial-waste-urbanization-and-environment/>

- Naciones Unidas. (s.f.). *Departamento de asuntos económicos y sociales - Divisoón de desarrollo sostenible*. Obtenido de Departamento de asuntos económicos y sociales - Divisoón de desarrollo sostenible: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>
- Pacheco, A. (25 de Agosto de 2017). Director del departamento de Gestión ambiental del Gad municipal de Azogues. (S. Calle, Entrevistador)
- Pacheco, A. (25 de Agosto de 2017). Entrevista sobre los residuos sólidos industriales en el relleno sanitario de Chabay - Azogues. (S. Calle, Entrevistador)
- Poliacetato de vinilo. (s.f.). *Poliacetato de vinilo*. Obtenido de Poliacetato de vinilo: [http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Poliacetato\\_Vinilo.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Poliacetato_Vinilo.pdf)
- Porada, B. (18 de Marzo de 2013). *Plataforma arquitectura*. Obtenido de Plataforma arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-244321/catedral-de-carton-de-shigeru-ban-se-construye-en-nueva-zelanda>
- Prieto Jiménez, S. (2014). Panel prefabricado de hormigón aliviano a base de papel periódico y cartón reciclado, destinado a vivienda de interés social. *ESTOA*, 51-61.
- Proaño Vásquez, F. J. (Enro de 2013). *Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito, Negocio de construcción de casas*. Obtenido de Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito, Negocio de construcción de casas: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1749/1/106378.pdf>
- Quintal, B. (24 de Marzo de 2014). *Plataforma arquitectura*. Obtenido de Plataforma arquitectura: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346388/la-obra-social-y-caritativa-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban>
- Real Academia Española. (s.f.). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=Mn8NFST>
- Real Academia Española. (s.f.). *Real Academia Española* . Obtenido de Real Academia Española : <http://dle.rae.es/?id=Mn8NFST>
- Reyes, A. (2008). *Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular - Proyecto de reciclaje de hidróxido de sodio*. Nuevo León.
- Ríos corrugadora, S.A. de C.V. (s.f.). *Ríos corrugadora, S.A. de C.V.* Obtenido de <http://www.cartoncorrugado.com.mx/herramientas.html>
- Romero, E., & Sevilla, K. (2017). *Corporación Universitaria del Caribe - CECAR*. Obtenido de Corporación Universitaria del Caribe - CECAR: <http://repositorio.cecar.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/82/EVALUACIONDEIMPACTOAMBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- S.C.P.P.E., PREDIO MAPAHUI, S.C.L. (s.f.). *DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL*. Sinaloa.
- Sáinz Guerra, J. L., & Jové Sandoval, F. (2004). La arquitectura construida en tierra, tradición e innovación. *grupo Tierra*, 289-294.
- Sánchez Campos, R., & Blasco Rodríguez, C. (4 de Enero de 2016). *Univerddad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de arquitectura*. Obtenido de Univerddad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de arquitectura: [http://oa.upm.es/39216/1/TFG\\_Roberto\\_Sanchez\\_Campos.pdf](http://oa.upm.es/39216/1/TFG_Roberto_Sanchez_Campos.pdf)
- Secretaría Buen Vivir*. (s.f.). Obtenido de <http://www.secretariabuenvivir.gob.ec/que-es-el-buen-vivir-2/>
- Sika . (2014). *Sika porcelana*. Obtenido de Sika porcelana: <https://ecu.sika.com/dms/getdocument.get/53ab7189.../Sika-%20Porcelana-PDS.pdf>
- Tecnología de los plásticos. (1 de Febrero de 2012). Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/02/el-poliacetato-de-vinilo-acetato-de.html>

- TECNOLOGIEX. (17 de Enero de 2013). *TECNOLOGIEX*. Obtenido de TECNOLOGIEX: <https://tecnologiex.wordpress.com/2013/01/17/como-se-hace-el-papel/>
- TICRAT 2008 Arizona-Sonora. (17 de Noviembre de 2008). Obtenido de <https://missions.arizona.edu/sites/default/files/5%20Soria%20-%20Use%20of%20Lime.pdf>
- United States Environmental Protection Agency. (s.f.). *Smart Growth*. Obtenido de Smart Growth: <https://www.epa.gov/smartgrowth/asi-es-el-desarrollo-inteligente>
- Urban Habitat Chicago. (17 de Mayo de 2006). *Urban Habitat Chicago*. Obtenido de Urban Habitat Chicago: <http://www.urbanhabitatchicago.org/blog/pioneering-engineers/>
- Vallejo, M. A. (11 de 08 de 2010). *Ministerio del ambiente*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/06/Acuerdo-Ministerial-131.pdf>
- Vázquez, V. (2014). Externaldades y medio ambiente. *Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing*, n. 1, 1-15.
- World Architecture News.com. (Jueves de Agosto de 2011). *World Architecture News.com*. Obtenido de World Architecture News.com: <http://www.worldarchitecturenews.com/project/2011/17239/shigeru-ban/cardboard-cathedral-in-christchurch.html>
- Wu, H. (21 de Mayo de 2016). *CNN Mundo*. Obtenido de CNN Mundo: <https://cnnespanol.cnn.com/2016/05/21/calor-infernal-la-india-registra-la-temperatura-mas-alta-de-la-historia/>
- Zapata Muñoz, A. F., & Zapata Sánchez, C. E. (2013). Un método de gestion ambiental para evaluar rellenos sanitarios. *Redalyc.org*, 105-120.
- Zapata Sánchez, C. E., & Zapata Muñoz, A. F. (2013). Un método de gestion ambiental para evaluar rellenos sanitarios. *Redalyc*, 105-120.



## PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Juan Sebastián Calle Rojas** portador de la cédula de ciudadanía N° 030244391-6. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Ladrillo de Cartón – Una alternativa e mampostería**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 07 de febrero de 2019

  
F: .....  
Juan Sebastián Calle Rojas  
C.I. 030244391-6